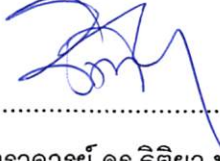


**การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

นัตยา หัสมินทร์

**การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร**

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัด
การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะ
การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4"
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร



.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดิยา บงกชเพชร)

อาจารย์ที่ปรึกษา



.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

พฤษภาคม 2563

ประกาศคุณูปการ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิตติยา บงกชเพชร อาจารย์ที่ปรึกษาการวิจัย ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา แนะนำ ให้ข้อคิดเห็น ตลอดจนเสนอแนะแนวทางในการวิจัยด้วยความเอาใจใส่อย่างดีเยี่ยมตลอดมา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนูนันท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุช วรางคนากุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ่ม และนางอังคณา จันทระประเสริฐ ได้กรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียน พิจิตรพิทยาคม ตลอดจนครูอาจารย์และนักเรียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านในการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นอย่างดี

เหนือสิ่งอื่นใดขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ห่วงใยและให้กำลังใจ ช่วยเหลือสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยมาด้วยดี

คุณประโยชน์ใดๆ อันพึงมีจากการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และสถาบันการศึกษาที่ได้ให้การศึกษาดีแก่ผู้วิจัยตลอดมา

นิตยา ทัตมินทร์

ชื่อเรื่อง	การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้ศึกษาค้นคว้า	นัตยา หัสมินทร์
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธิตติยา บงกชเพชร
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562
คำสำคัญ	การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า

ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ คือ การกำหนดสถานการณ์ที่ทันสมัยและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน การกำหนดภาระงานที่ทำภายในชั้นเรียน ได้แก่ การทำการทดลองเพื่อหาคำตอบของการแก้ปัญหา การสร้างชิ้นงาน และการทดสอบผลการแก้ปัญหา และการกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนความคิดและมีการประเมินความเข้าใจร่วมกัน ผ่านการแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นร่วมกัน และการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะในระดับสูงและกลางของแต่ละสมรรถนะย่อย แต่เมื่อพิจารณาสมรรถนะที่นักเรียนพัฒนาได้ดีที่สุดคือ สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม รองลงมา คือ สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และลำดับสุดท้าย คือ สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

Title STEM EDUCATION BASED ON ENGINEERING DESIGN
PROCESS FOR DEVELOPING GRADE 10 STUDENTS'
COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING
COMPETENCIES IN MOTIONS TOPIC

Authors Nuttaya Hutsamin

Advisor Assistant Professor Thitiya Bongkotphet , Ph.D.

Academic Paper Independent Study M.Ed. (Science Education) in Science
Education, Naresuan University, 2019

Keywords STEM Education Based, Engineering Design Process,
Collaborative Problem Solving Competency, Motions Topic

ABSTRACT

The purpose of this research were to study how to use engineering design process based on STEM education to promote collaborative problem solving competencies in motions topic for 10th grade students. The participants were 45 students. The research instruments included lesson plans, the collaborative problem solving competency observation form, the collaborative problem solving competency test, and a reflective journal. Data were analyzed through content analysis and method triangulation was employed to ensure the creditability of this research.

The research results indicated that the effective ways to develop students' collaborative problem solving competency comprised of defining the interesting problem related to everyday life, defining challenging workloads to the class including an experiment to solve the problem, work piece construction, and testing the results, and encouraging students to reflect and evaluate their ideas with argumentation. Most of the students had high and medium levels of proficiency in collaborative problem solving competency in all three competencies. However, when considered the performance of students, the best competency of students was establishing and maintaining group organization, followed by establishing and maintaining shared understanding, and selecting an appropriate action to solve the problem, respectively.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ความเป็นมาของปัญหา.....	1
	คำถามการวิจัย.....	4
	จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
	ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
	หลักสูตรสถานศึกษา.....	9
	สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	17
	การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม.....	35
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	50
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	54
	รูปแบบการวิจัย.....	54
	ผู้เข้าร่วมวิจัย.....	55
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	55
	การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย.....	57
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	68
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	70
	ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ.....	71

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	72
ตอนที่ 1 แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	72
ตอนที่ 2 ผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	107
5 บทสรุป.....	147
สรุปผลการวิจัย.....	148
อภิปรายผลการวิจัย.....	151
ข้อเสนอแนะ.....	155
บรรณานุกรม.....	156
ภาคผนวก.....	162
ประวัติผู้วิจัย.....	224

สารบัญญัตินี้

ตาราง		หน้า
1	แสดงโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ว31102).....	11
2	แสดงลักษณะพฤติกรรมในแต่ละระดับของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ...	30
3	แสดงการเปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์.....	39
4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดมุ่งหมายของการวิจัยกับเครื่องมือการวิจัย.....	57
5	แสดงการบูรณาการเนื้อหา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	61
6	แสดงประเด็นที่พบและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	82
7	แสดงประเด็นที่พบและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	92
8	แสดงประเด็นที่พบและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 3	100
9	แสดงสรุปผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและแนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	102
10	แสดงสรุปผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	113
11	แสดงสรุปผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	121
12	แสดงสรุปผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	130
13	แสดงสรุปผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3.....	133
14	แสดงระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนโดยการใช้แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	135

สารบัญญภาพ

ภาพ	หน้า
1 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1.....	21
2 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1.....	22
3 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1.....	22
4 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1.....	23
5 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1.....	24
6 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1.....	25
7 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1.....	26
8 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1.....	27
9 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1.....	28
10 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	46
11 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	46
12 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	47
13 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	49
14 การเก็บรวบรวมข้อมูลแต่ละวงจรปฏิบัติการ.....	55
15 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์.....	75
16 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกตแผน การจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์.....	75
17 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์.....	76
18 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกตแผน การจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์.....	76
19 นักเรียนร่วมกันทำการทดลองจากโปรแกรม เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์....	76
20 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์.....	77

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
47	ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกตแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น.....	96
48	ตัวอย่างแบบร่างการออกแบบของนักเรียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น.....	97
49	ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น.....	97
50	ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกตแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น.....	98
51	ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น.....	98
52	ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกตแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น.....	98
53	ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น.....	99
54	ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกตแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น.....	99
55	ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1, A2.....	108
56	ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยี่ดัดเพลลิง, นักเรียนกลุ่มที่ 1, A2.....	108
57	ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยี่ดัดเพลลิง นักเรียนกลุ่มที่ 1, B2.....	110
58	ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยี่ดัดเพลลิง, นักเรียนกลุ่มที่ 2, C2.....	110
59	ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 1, C1.....	111

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
60 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยี่ห้อเพลงนักเรียนกลุ่มที่ 5, B4.....	112
61 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 1, A3.....	112
62 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 2, A1, A2, A3.....	115
63 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม, นักเรียนกลุ่มที่ 5, A5.....	116
64 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 2 , A2, A4.....	117
65 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2, B2, B3.....	117
66 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม, นักเรียนกลุ่มที่ 5, B2, B3.....	118
67 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม, นักเรียนกลุ่มที่ 7, C2.....	118
68 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 2, A3, C1.....	119
69 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม นักเรียนกลุ่มที่ 7, B4.....	120
70 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 2, A3.....	120
71 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 3, A1, A2.....	124
72 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 นักเรียนกลุ่มที่ 5, C2.....	125

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
73 ตัวอย่างการบันทึก แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจร ปฏิบัติการที่ 3, A4, C1.....	126
74 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจร ปฏิบัติการที่ 3, B1, B3.....	127
75 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจร ปฏิบัติการที่ 3, A3, B2, C4.....	128
76 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจร ปฏิบัติการที่ 3, B4, C3.....	129
77 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจร ปฏิบัติการที่ 3, C1.....	129
78 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีระดับสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษา ความเข้าใจที่มีร่วมกัน.....	136
79 ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคน ที่ 11.....	137
80 ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคน ที่ 25.....	137
81 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 32.....	138
82 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะกลาง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 38.....	138
83 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 26.....	139
84 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะกลาง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 33.....	139
85 ตัวอย่างคำตอบไม่มีสมรรถนะ, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 3.....	140

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
86 ร้อยละของนักเรียนที่มีระดับสมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา.....	140
87 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 10.....	141
88 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะกลาง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 14.....	141
89 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 32.....	142
90 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะกลาง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 29.....	142
91 ร้อยละของนักเรียนที่มีระดับสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม.....	143
92 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 2.....	144
93 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะกลาง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 39.....	145
94 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 21.....	145
95 ตัวอย่างคำตอบไม่มีสมรรถนะ, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 22.....	146

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ระบบเศรษฐกิจและสภาพสังคมในปัจจุบันเห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องเตรียมความพร้อมด้านทรัพยากรมนุษย์ให้มีทักษะและศักยภาพที่สอดคล้องกับศตวรรษที่ 21 สำหรับผู้เรียนแล้ว ทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีความสำคัญอย่างมากสำหรับการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตในซึ่งประกอบไปด้วย ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ เป็นศักยภาพของผู้เรียนที่สามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน จึงมีการจัดทำนโยบายและการดำเนินงานด้านการศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมคนไทยให้มีทักษะและศักยภาพที่สอดคล้องกับสภาพการณ์ต่างๆ ในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2561) สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ที่เตรียมความพร้อมของคนในประเทศด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะเปลี่ยนแปลงโลกในอนาคต ยกกระดับคุณภาพการศึกษา และการพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับตลาดแรงงานและมีทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559)

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งนอกจากต้องการให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นแล้ว ยังต้องการให้นักเรียนได้ฝึกฝนกระบวนการคิดเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ ในการจัดกิจกรรมการเรียนด้านกลศาสตร์ฟิสิกส์ ที่ประกอบด้วย การเคลื่อนที่ ต้องอาศัยการแก้ปัญหา การสอนที่จะช่วยพัฒนาการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ควรจัดให้นักเรียนเผชิญปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงหลายๆ รูปแบบ และมีหลายวิธีการแก้ปัญหาควรทำเป็นกลุ่มย่อย เพื่อให้นักเรียนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการวางแผนการแก้ปัญหา ร่วมกันค้นหากลวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหา (Bitter, 1990)

การประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ได้มีการประเมินด้านการแก้ปัญหา (Problem Solving) ใน PISA 2003 และ PISA 2012 โดยทั้ง 2 ครั้งเป็นการประเมินการใช้ทักษะการแก้ปัญหาจากโจทย์ที่เป็นสถานการณ์ในชีวิตจริง และเป็นการทำข้อสอบในเล่มแบบทดสอบ แต่ PISA 2015 ได้เปลี่ยนมาเป็นการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving) และทำข้อสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ (เอกรินทร์ อัสชะกุลวิสุทธิ, 2557) ใน PISA ปี ค.ศ.2015 การประเมินสมรรถนะด้าน

การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving) เป็นกระบวนการที่นักเรียนต้องใช้ทั้งทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการทำงานแบบร่วมมือกับเพื่อนในกลุ่ม ทำภารกิจในข้อสอบให้สำเร็จลุล่วง โดยให้สถานการณ์ในชีวิตจริงที่สมาชิกในกลุ่มต้องร่วมกันแก้ปัญหาผ่านการทำข้อสอบด้วยคอมพิวเตอร์และนักเรียนเป็นหนึ่งในสมาชิกของกลุ่มที่ต้องทำความเข้าใจกับเป้าหมายและเงื่อนไขของภารกิจที่ได้รับมอบหมาย ระบุบทบาทหน้าที่ของตนเองและเพื่อน แล้วสื่อสาร แบ่งปันข้อมูล และร่วมกันแก้ปัญหากับเพื่อนในกลุ่มให้สำเร็จ สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมี 3 สมรรถนะ คือ 1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2) การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ผลการประเมิน PISA 2015 ด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving: CPS) สำหรับประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 436 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 500 คะแนน) โดยกลุ่มโรงเรียนเน้นวิทยาศาสตร์มีคะแนน 559 คะแนนอยู่ในระดับเดียวกับกลุ่มบนสุดห้าอันดับแรก (Top 5) และกลุ่มโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยมีคะแนน 520 คะแนน ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ย OECD ส่วนกลุ่มโรงเรียนอื่นๆ ยังคงมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (PISA สสวท, 2561) สอดคล้องกับ ฟิสิกส์เป็นวิชาหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการทดลอง คิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ (สสวท, 2557)

ในห้องเรียนฟิสิกส์ของผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสังเกตที่เป็นการบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนในห้องเรียนของผู้วิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 เป็นเวลา 2 สัปดาห์ การสอนเรื่องการเคลื่อนที่ ลักษณะของการจัดกิจกรรม เป็นการทดลองร่วมกันเป็นกลุ่ม พบว่าในการทำงานกลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่จะไม่ค่อยแบ่งหน้าที่ตามความสามารถ แต่จะใช้ความคิดของสมาชิกส่วนหนึ่ง เมื่อมีสถานการณ์มาให้ฝึกแก้ปัญหานักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้ตรงประเด็นเพราะนักเรียนจะใช้ความคิดของคนใดคนหนึ่ง และขาดการวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาและการให้ความร่วมมือของนักเรียนค่อนข้างน้อย นักเรียนสนใจที่จะทำงานส่วนบุคคลมากกว่าการทำงานกลุ่ม รวมทั้งนักเรียนบางส่วนภายในกลุ่มเท่านั้นที่ทำงานทำให้เกิดปัญหา ส่งผลให้นักเรียนขาดการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ นอกจากนี้เหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยวิเคราะห์เชิงเนื้อหาในการสะท้อนการสอนของตนเอง พบว่าลักษณะการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยที่เน้นการสอนแบบบรรยายสาธิต เมื่อครูเสนอสถานการณ์ปัญหานักเรียนจึงไม่สามารถแก้ไขปัญหา

ได้ เพราะนักเรียนขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นเมื่อมีการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มนักเรียนก็จะทำตามคนที่เก่งไม่ค่อยมีการแสดงความคิดเห็นกลัวความคิดของตนผิด หน้าที่ในการทำงานส่วนใหญ่ยกให้เป็นหน้าที่ของใครคนใดคนหนึ่ง ขาดการวางแผนการทำงาน แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มนี้ขาดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และควรได้รับการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของครูให้ดีขึ้นดังนั้นจึงควรมีการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ดังนั้นจึงควรมีการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ นอกจากนี้สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือยังเป็นสมรรถนะที่ใหม่สำหรับนักเรียนและยังเป็นสมรรถนะที่จำเป็นในบริบทสังคมปัจจุบัน ผู้วิจัยจึงเห็นความจำเป็นที่จะมุ่งส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือให้นักเรียน เพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนมีทักษะในการทำงาน และมีทักษะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคมได้ ผู้วิจัยเห็นว่า การจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องบูรณาการทั้งด้านศาสตร์ต่างๆ และบูรณาการการเรียนในห้องเรียนและชีวิตจริง ทำให้การเรียนมีความหมายต่อผู้เรียน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ โดยรูปแบบการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ มีการแก้ปัญหาร่วมกันเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557) โดยนำจุดเด่นของแต่ละสาขาลดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกัน เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบันซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันเพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้นไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วนๆ นอกจากนี้ STEM Education ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่จำเป็น สำหรับศตวรรษที่ 21 (Dejarnette, 2012; Wayne, 2012; Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012) สอดคล้องกับ สะเต็มศึกษายังช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดขั้นสูง ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) คือ การคิดแก้ปัญหา (Problem Solving) (สนธิ พลชัยยา, 2557) สำหรับประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้มีนโยบาย ให้เยาวชนไทย ที่จะเป็นกำลังคนในอนาคต ที่มีคุณภาพและความสามารถในการแข่งขันระดับสากล โดยเฉพาะทักษะด้านสะเต็ม ซึ่งเน้นทักษะการคิดขั้นสูงและการแก้ปัญหา เพื่อพัฒนานวัตกรรม และการใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการเชิงวิศวกรรม ในอาชีพการทำงานและชีวิตประจำวัน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ The NASA's BEST Engineering Design Model มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาสมรรถนะ

การแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ สิ่งสำคัญที่จะเกิดขึ้นกับนักเรียนจากการเรียนรู้จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ นักเรียนได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่จะนำไปสู่การค้นพบทางแก้ปัญหา ที่ต้องมีการร่วมมือกันในการแก้ปัญหาเป็นทีมหรือเป็นกลุ่มเพื่อให้ประสบความสำเร็จ (Householder and Hailey, 2012) การออกแบบทางวิศวกรรมเป็นเรื่องเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ที่มนุษย์สร้างขึ้นและเน้นกระบวนการการแก้ปัญหา (Katehi, Pearson, and Feder, 2009)

จากปัญหาและความเป็นมาที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยเลือกที่จะศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ผู้เรียนได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือมาใช้ในแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่จะส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ มีแนวทางการจัดการเรียนรู้หรือไม่
2. ผู้เรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ หรือไม่ อย่างไร

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

ขอบเขตของงานวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งขอบเขตของงานวิจัย ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา ขอบเขตด้านเนื้อหา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในจังหวัดภาคเหนือ ตอนล่าง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง จำนวน 1 ห้อง จำนวน 45 คน เป็นนักเรียนชาย 9 คน นักเรียนหญิง 36 คน

ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา คือ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ เนื้อหารายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ กายภาพ เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 60) บทที่ 1 การเคลื่อนที่และแรง

- 1.1 การเคลื่อนที่แนวตรง
- 1.2 แรงและการเคลื่อนที่
- 1.3 การเคลื่อนที่แบบต่างๆ
 - 1.3.1 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
 - 1.3.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม
 - 1.3.3 การเคลื่อนที่แบบลั่น

ขอบเขตด้านระยะเวลา

การวิจัยนี้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ รวมเป็นเวลา 9 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้

ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ในเรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ทางด้านเนื้อหาไปใช้ในการเชื่อมโยงและ แก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ส่งผลให้ผู้เรียนเห็น ความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นความรู้และทักษะ พื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศในอนาคต ผ่านการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ถาม (Ask): นักเรียนระบุปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการ หรือสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหา ข้อกำหนดและข้อจำกัดที่ต้องปฏิบัติตาม ที่ต้องพิจารณา รวมทั้ง ต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบวิธีการแก้ปัญหาหลัก

2. จินตนาการ (Imagine): หลังจากผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหา ย่อยได้แล้ว ขั้นนี้ นักเรียนระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ อย่างมี ระบบเพื่อตอบประเด็นที่สงสัย และระบุสิ่งที่คนอื่นทำ โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือ วิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. วางแผน (Plan): นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 2-3 รายการ คือ การนำความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ได้รวบรวม วิเคราะห์ ตัดสินทางเลือก จากนั้นระดม สมองและสร้างภาพร่างการออกแบบแนวคิดที่เป็นไปได้และที่ดีที่สุดเป็นต้นแบบ 1 แนวคิดที่ใช้ใน การแก้ปัญหา

4. สร้าง (Create): นักเรียนสร้างรูปแบบการทำงานหรือต้นแบบที่สอดคล้องกับ ข้อกำหนดการออกแบบและอยู่ภายในข้อจำกัด การออกแบบ

5. การทดสอบ (Experiment): นักเรียนประเมินวิธีการแก้ปัญหาจากการทดสอบ จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล นักเรียนสรุปจุดแข็งและจุดอ่อนของการออกแบบที่ได้ระหว่างการ ทดสอบ

6. ปรับปรุง (Improve): จากผลการทดสอบนักเรียนปรับปรุงการออกแบบ และ ระบุการเปลี่ยนแปลงที่นักเรียนจะทำและปรับการแก้ไขโดยอภิปรายและนำเสนอ

2. สมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการเข้า ร่วมกระบวนการแก้ปัญหาของกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการแบ่งปันความเข้าใจที่มีและ รวบรวมความรู้ทักษะ และความพยายามเข้าด้วยกันเพื่อแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะ เต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัย

วัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้และใช้แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังการจัดการเรียนรู้มีสมรรถนะดังนี้

1. การสร้างและเก็บความเข้าใจที่มีร่วมกัน
 - 1.1 การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในทีม
 - 1.2 การแบ่งปันข้อมูล และการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาาร่วมกัน
 - 1.3 การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับ การกระทำ การแก้ปัญหา
 - 1.4 การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกัน
2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
 - 2.1 การค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้ บรรลุ
 - 2.2 การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ
 - 2.3 การวางแผนการแก้ปัญหา
 - 2.4 การตรวจสอบผลของการดำเนินงาน และการประเมินความสำเร็จใน

เป้าหมาย

การแก้ปัญหา

3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม
 - 3.1 การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา
 - 3.2 การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตน และระเบียบของกลุ่ม
 - 3.3 การทำตามกฎระเบียบของกลุ่มที่ตกลงร่วมกัน
 - 3.4 การตรวจสอบ การให้คำแนะนำ และการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของสมาชิกใน

กลุ่ม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา

1.1 วิสัยทัศน์ของโรงเรียน

1.2 เป้าประสงค์

1.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1.4 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เกี่ยวข้องกับเรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

1.5 คำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิลิกส์)

1.6 ตัวชี้วัดรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิลิกส์)

1.7 มาตรฐานและตัวชี้วัดสาระเทคโนโลยี

1.8 มาตรฐานและตัวชี้วัดวิชาคณิตศาสตร์

2. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving)

2.1 ความหมายสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2.2 สมรรถนะหลักการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2.3 แบบทดสอบการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามแนว PISA

2.4 การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2.5 ประโยชน์ของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

3.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

3.3 องค์ประกอบ 4 วิชาของสะเต็มศึกษา

3.4 การวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา

3.5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบ
เชิงวิศวกรรม

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยภายในประเทศ

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรสถานศึกษา

1. วิสัยทัศน์ของโรงเรียน

ภายในปี 2562 โรงเรียนมีมาตรฐานการศึกษาในระดับสากลบนพื้นฐานคุณธรรมน้อม
นำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. เป้าประสงค์

2.1 นักเรียนมีความเป็นเลิศทางด้านวิชาการ ระดับมาตรฐานสากล

2.2 นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม มีสุขภาพและร่วมรับผิดชอบต่อสังคมโลก

2.3 บุคลากรครู มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านวิชาการใช้ภาษาต่างประเทศเชี่ยวชาญ
ด้าน IT มีจรรยาบรรณในวิชาชีพครู

2.4 โรงเรียนมีระบบบริหารจัดการภายใน และภายนอกอย่างมีคุณภาพ

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

3.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ นักเรียนแสดงออกถึงการเป็นพลเมืองดีของชาติ
มีความสามัคคีปรองดอง ภูมิใจ เชิดชูความเป็นชาติไทย ปฏิบัติตนตามหลักศาสนาที่ตนนับถือ
และแสดงความจงรักภักดีต่อสถาบันพระมหากษัตริย์

3.2 ซื่อสัตย์สุจริต นักเรียนประพฤติตรงตามความเป็นจริงทั้งทางกาย วาจา ใจ และ
ยึดหลักความจริง ความถูกต้องในการดำเนินชีวิต มีความละเอียดและเกรงกลัวต่อการกระทำผิด

3.3 มีวินัย นักเรียนปฏิบัติตามข้อตกลงกฎเกณฑ์ และระเบียบ ข้อบังคับของ
ครอบครัว โรงเรียน และสังคมเป็นปกติวิสัย ไม่ละเมิดสิทธิของผู้อื่น

3.4 ใฝ่เรียนรู้ นักเรียนแสดงออกถึงความตั้งใจ เพียรพยายามในการเรียนและเข้าร่วม
กิจกรรมการเรียนรู้ แสวงหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียนอย่างสม่ำเสมอ
ด้วยการเลือกใช้สื่ออย่างเหมาะสม บันทึกความรู้ วิเคราะห์ สรุปเป็นองค์ความรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้
ถ่ายทอด เผยแพร่ และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

3.5 อยู่พอเพียง นักเรียนดำเนินชีวิตอย่างประมาณตนมีเหตุผล รอบคอบ ระมัดระวัง อยู่ร่วมกับผู้อื่นด้วยความรับผิดชอบ ไม่เบียดเบียนผู้อื่น เห็นคุณค่าของทรัพยากรต่างๆ มีการวางแผนป้องกันความเสี่ยง และพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

3.6 มุ่งมั่นในการทำงาน ผู้ที่มีลักษณะซึ่งแสดงออกถึงความตั้งใจปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายด้วยความเพียรพยายาม ทุ่มเทกำลังกาย กำลังใจ ในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ให้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่กำหนดด้วยความรับผิดชอบ และมีความภาคภูมิใจในผลงาน

3.7 รักความเป็นไทย นักเรียนมีความภาคภูมิใจ เห็นคุณค่า ชื่นชม มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ สืบทอด เผยแพร่ภูมิปัญญาไทย ขนบธรรมเนียมประเพณี ศิลปะและวัฒนธรรมไทย มีความกตัญญูต่อบุคคลที่ใช้ภาษาไทยในการสื่อสารอย่างถูกต้องเหมาะสม

3.8 มีจิตสาธารณะ นักเรียนเป็นผู้ให้และช่วยเหลือผู้อื่น แบ่งปันความสุขส่วนตนเพื่อทำประโยชน์แก่ส่วนรวม เข้าใจ เห็นใจผู้ที่มีความเดือดร้อน อาสาช่วยเหลือสังคม อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยร่างกาย สติปัญญา ลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา หรือร่วมสร้างสรรค์สิ่งที่ดีงามให้เกิดในชุมชน โดยไม่หวังสิ่งตอบแทน

4. **มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เกี่ยวข้องกับเรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ**

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. **คำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์)**

รหัสวิชา ว31102 วิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาหลักการพื้นฐานของแรงและการเคลื่อนที่ในเรื่อง ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลมและการเคลื่อนที่แบบสั่น แรงที่กระทำต่อวัตถุในสนามโน้มถ่วงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วง แรงที่กระทำต่อ อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก รวมทั้งแรงนิวเคลียร์ในนิวเคลียส และการใช้ประโยชน์จากแรงและการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ศึกษาหลักการพื้นฐานของพลังงานในเรื่อง องค์ประกอบของคลื่น สมบัติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ความเข้ม เสียง มลพิษทางเสียง สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การมองเห็นสีของวัตถุ การผสมแสงสี การผสมสารสี และการนำไปใช้ประโยชน์ กัมมันตภาพรังสี รังสีในชีวิตประจำวัน ปฏิกริยา

นิเวศลิยร์ พลังงานนิเวศลิยร์ และการใช้ประโยชน์ในทางสร้างผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบค้นข้อมูล การสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ความคิด มีความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ การตัดสินใจ การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ตาราง 1 แสดงโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ว31102)

หน่วยที่	ชื่อหน่วย เรียนรู้	ตัวชี้วัด	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
1	การเคลื่อนที่	1. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุ เพื่ออธิบายความเร่งของวัตถุ 2. สังเกตและอธิบายการหาแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุโดยการเขียนแผนภาพการรวมแบบเวกเตอร์ 3. สังเกต วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของวัตถุกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ 4. สังเกตและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุคู่หนึ่งๆ 5. สังเกตและอธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ ได้แก่ การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบสั่น	12	10
2	ธรรมชาติของแรง	6. สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงโน้มถ่วงที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ รอบโลก 7. สังเกตและอธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กเนื่องจากกระแสไฟฟ้า 8. สังเกตและอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กและแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ 9. สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟ รวมทั้งยกตัวอย่าง	9	5

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วย เรียนรู้	ตัวชี้วัด	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
2 (ต่อ)	ธรรมชาติ ของแรง	การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ 10. สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงเข้มและแรงอ่อน		
3	พลังงาน	11. สืบค้นข้อมูลและอธิบายพลังงานนิวเคลียร์ ฟิชชันและฟิวชัน และความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับ พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันและฟิวชัน 12. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทน เป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับ เทคโนโลยีที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการ ทางด้านพลังงานโดยเน้นด้านประสิทธิภาพและ ความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย	8	5
สอบกลางภาค			1	20
4	ปรากฏ การณ์ของ คลื่นกล	13. สังเกต และอธิบายการสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน และการรวมคลื่น 14. สังเกต และอธิบายความถี่ธรรมชาติ การสั่นพ้องและ ผลที่เกิดขึ้นจากการสั่นพ้อง	9	8
5	เสียง	15. สังเกต และอธิบายการสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน และการรวมคลื่นของคลื่นเสียง 16. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มเสียงกับระดับเสียงและผลของความถี่กับระดับ เสียงที่มีต่อการได้ยินเสียง 17. สังเกต และอธิบายการเกิดเสียงสะท้อนกลับ บีต คอปเพลอร์ และการสั่นพ้องของเสียง 18. สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับ เสียงไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	8	8
6	แสงสี	19. สังเกต และอธิบายการมองเห็นสีของวัตถุและ ความผิดปกติในการมองเห็นสี 20. สังเกต และอธิบายการทำงานของแผ่นกรองแสงสี การผสมแสงสี การผสมสารสี และ การนำไปใช้ประโยชน์ ในชีวิตประจำวัน	6	7

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วย เรียนรู้	ตัวชี้วัด	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
7	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	21. สืบค้นข้อมูลและอธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนประกอบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและหลักการทำงานของอุปกรณ์บางชนิดที่อาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 22. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการสื่อสาร โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศและเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล	6	7
สอบปลายภาค			1	30

จากคำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์) ตามหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนแห่งนี้ ผู้วิจัยเลือกเก็บข้อมูล เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ดังนี้

ศึกษาหลักการพื้นฐานของแรงและการเคลื่อนที่ในเรื่อง ระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลมและการเคลื่อนที่แบบสั่น โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบค้นข้อมูล การสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ความคิด มีความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ การตัดสินใจ การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

6. ตัวชี้วัดรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์)

ตัวชี้วัดรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์) ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ดังนี้

6.1 วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุ เพื่ออธิบายความเร่งของวัตถุ

6.2 สังเกตและอธิบายการหาแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกัน ที่กระทำต่อวัตถุโดยการเขียนแผนภาพการรวมแบบเวกเตอร์

6.3 สังเกต วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของวัตถุกับแรงลัพธ์ ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ

6.4 สังเกตและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุคู่หนึ่งๆ

6.5 สังเกตและอธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ ได้แก่ การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบสั่น

6.6 สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงโน้มถ่วงที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ รอบโลก

6.7 สังเกตและอธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กเนื่องจากกระแสไฟฟ้า

6.8 สังเกตและอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กและแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์

6.9 สังเกตและอธิบายการเกิดอีเอ็มเอฟ รวมทั้งยกตัวอย่างการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

6.10 สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงเข้มและแรงอ่อน

รวมทั้งหมด 10 ตัวชี้วัด

จากคำอธิบายรายวิชาและสาระและมาตรฐานรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์) ตามหลักสูตรสถานศึกษาและวิเคราะห์ตัวชี้วัด ที่ผู้วิจัยได้เลือกเก็บข้อมูลในเรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีดังต่อไปนี้

1. สังเกต วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของวัตถุกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ

2. สังเกตและอธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ ได้แก่ การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบสั่น

3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงโน้มถ่วงที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ รอบโลก

7. มาตรฐานและตัวชี้วัดสาระเทคโนโลยี

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบ

เชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/1 วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ รวมทั้งประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษย์ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยี

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบ วางแผน ขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/5 ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยีที่ซับซ้อนในการแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย

รวมทั้งหมด 5 ตัวชี้วัด

ผู้วิจัยได้เลือกเก็บข้อมูล โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ต้องมีการบูรณาการเทคโนโลยี จากมาตรฐานและตัวชี้วัดสาระเทคโนโลยี ตามหลักสูตรสถานศึกษาและวิเคราะห์ตัวชี้วัดสาระเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ มีดังต่อไปนี้

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/1 วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ รวมทั้งประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษย์ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยี

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบ วางแผน ขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด

8. มาตรฐานและตัวชี้วัดวิชาคณิตศาสตร์

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/1 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเงิน

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/2 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเวลา และระยะเวลา

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/3 เลือกใช้เครื่องวัดความยาวที่เหมาะสม วัดและบอก ความยาวของสิ่งต่างๆ เป็นเซนติเมตรและมิลลิเมตร เมตรและเซนติเมตร

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/4 คาดคะเนความยาวเป็นเมตรและเป็นเซนติเมตร

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/5 เปรียบเทียบความยาวระหว่างเซนติเมตรกับมิลลิเมตร เมตรกับเซนติเมตร กิโลเมตรกับเมตร จากสถานการณ์ต่างๆ

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/6 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ ความยาว ที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตรและมิลลิเมตร เมตรและเซนติเมตร กิโลเมตรและเมตร

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/7 เลือกใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม วัดและบอกน้ำหนักเป็นกิโลกรัม และขีด กิโลกรัมและกรัม

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/8 คาดคะเนน้ำหนักเป็นกิโลกรัมและเป็นขีด

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/9 เปรียบเทียบน้ำหนักระหว่างกิโลกรัมกับกรัม เมตริกตันกับกิโลกรัม จากสถานการณ์ต่างๆ

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/10 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับน้ำหนักที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัมกับกรัม เมตริกตันกับกิโลกรัม

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/11 เลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสม วัดและเปรียบเทียบปริมาณ
ความจุเป็นลิตรและมิลลิลิตร

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/12 คาดคะเนปริมาณและความจุเป็นลิตร

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/13 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรและ
ความจุที่มีหน่วยเป็นลิตรและมิลลิลิตร

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.4/1 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเวลา

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.4/2 วัดและสร้างมุม โดยใช้โพรแทรกเตอร์

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.4/3 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ ความยาวรอบรูป
และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ผู้วิจัยได้เลือกเก็บข้อมูล โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้น
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ต้องมีการบูรณาการคณิตศาสตร์ จากมาตรฐานและตัวชี้วัด
วิชาคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรสถานศึกษาและวิเคราะห์ตัวชี้วัดวิชาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับ
กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ มีดังต่อไปนี้

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/4 คาดคะเนความยาวเป็นเมตรและเป็นเซนติเมตร

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/5 เปรียบเทียบความยาวระหว่างเซนติเมตรกับมิลลิเมตร เมตร
กับเซนติเมตร กิโลเมตรกับเมตร จากสถานการณ์ต่างๆ

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.4/3 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ ความยาวรอบรูป
และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving)

1. ความหมายสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการเข้าร่วม
กระบวนการแก้ปัญหาของกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการแบ่งปันความเข้าใจที่มีและรวบรวม
ความรู้ทักษะ และความพยายามเข้าด้วยกันเพื่อแก้ปัญหา

ปัจจัยหลักสองประการที่ส่งผลต่อการเกิดสมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ได้แก่
พื้นฐานของนักเรียน และทักษะที่นักเรียนมีพื้นฐานของนักเรียน ประกอบด้วย

- ความรู้ที่ติดตัวนักเรียนมา ได้แก่ ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ การอ่านและการเขียน
วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม และการเรียนรู้ในชีวิตประจำวัน

- บุคลิกลักษณะของนักเรียน ได้แก่ อารมณ์และเจตคติ ประสบการณ์และความรู้
แรงจูงใจ และความสามารถทางการคิดทักษะที่นักเรียนมีประกอบด้วย

- ทักษะการทำงานแบบร่วมมือ ได้แก่ การสร้างความเข้าใจร่วมกัน การมองจากมุมมองของผู้อื่น การอธิบาย การเข้าถึงผู้ฟัง การประสานงาน การโต้แย้งด้วยเหตุผล การทำตามบทบาทหน้าที่ และการมีกฎระเบียบร่วมกัน

- ทักษะการแก้ปัญหา ได้แก่ การสำรวจและทำความเข้าใจ การนำเสนอและคิดหาวิธีการวางแผนและการดำเนินการ และการติดตามและสะท้อนความเห็น

2. สมรรถนะหลักการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

1. การสร้างและเก็บความเข้าใจที่มีร่วมกัน

1.1 การค้นพบมุมมอง และความสามารถของสมาชิกในทีม

1.2 การแบ่งปันข้อมูล และการเจรจาเกี่ยวกับการทำ ความเข้าใจปัญหา ร่วมกัน

1.3 การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับ การกระทำ การแก้ปัญหา

1.4 การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกัน

2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

2.1 การค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้ บรรลุ

เป้าหมาย

2.2 การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ

2.3 การวางแผนการแก้ปัญหา

2.4 การตรวจสอบผลของการดำเนินงาน และการประเมินความสำเร็จใน

การแก้ปัญหา

3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

3.1 การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา

3.2 การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตน และระเบียบของกลุ่ม

3.3 การทำ ตามกฎระเบียบของกลุ่ม ที่ตกลงร่วมกัน

3.4 การตรวจสอบ การให้คำแนะนำ และการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของ

สมาชิกในกลุ่ม

1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน

ผู้เรียนสามารถระบุองค์ความรู้ที่ตรงกัน ทุกคนรับรู้ว่าเป็นปัญหาคืออะไร (Mutual Knowledge; What Each Other Knows About the Problem) สามารถระบุมุมมอง แนวคิดของผู้มีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกัน ร่วมกันสร้างร่วมของสภาพปัญหาและกิจกรรม รวมถึง

ความสามารถของนักเรียนในการติดตาม การใช้ความสามารถ องค์ความรู้ และมุมมองในการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ร่วมงานในการปฏิบัติภาระงาน

นอกจากนี้ กระบวนการสำคัญเน้นที่ความสำคัญของการสร้างจุดยืนร่วมกัน คือ การสื่อสารเพื่อให้บรรลุความสำเร็จ นี่คือนักทักษะที่จำเป็นสำหรับเรื่อง สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving: CPS) นักเรียนสามารถสร้าง ติดตามและแบ่งปันความเข้าใจอย่างยั่งยืนในการแก้ปัญหาระหว่าง การการรับผิดชอบใน การค้นหาข้อมูล ส่งต่อข้อมูลที่สำคัญเพื่อให้งานสำเร็จ การสร้างหรือแบ่งปันต่อรองความหมายร่วมกัน ตรวจสอบสิ่งที่ผู้อื่นรู้ และลงมือปฏิบัติเพื่อเติมเต็ม

ความรู้ส่วนตัวขาด ทักษะเหล่านี้รวมถึงความมีสติตระหนักรู้ (Self-Awareness) ของผู้เรียนในเรื่องที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำภาระงาน การตระหนักรู้ถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเองที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงสัมพันธ์กับภาระงาน และรู้ถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของคนในทีม

2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ผู้เรียนสามารถระบุประเภทของกิจกรรม CPS ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา และปฏิบัติการแก้ปัญหามาตามขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อบรรลุผลลัพธ์ รวมถึงมีความพยายามในการทำความเข้าใจข้อจำกัดที่บีบคั้นสร้างเป้าหมายของทีมเพื่อความสำเร็จในการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติภาระงาน และ ติดตามตรวจสอบความสัมพันธ์ภายในกลุ่มและเป้าหมายของปัญหาการปฏิบัติงานเหล่านี้อาจรวมถึงการกระทำเพื่อการสื่อสาร เช่น การอธิบาย การตรวจสอบความถูกต้อง การต่อรอง การประนีประนอม การอภิปรายได้ว่าที่ การโต้แย้ง ฯลฯ เพื่อแลกเปลี่ยนถ่ายโอนข้อมูลและแนวคิดมุมมองที่มีความซับซ้อน และเพื่อบรรลุการหาทางออกที่สร้างสรรค์หรือเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดมีข้อจำกัดและกฎที่แตกต่างกันมากมายในการส่งเสริมกิจกรรม CPS แต่ละประเภท เช่น jigsaw problems (แต่แต่ละคนมีความรู้ที่แตกต่างกันนำมาแลกเปลี่ยนกันเพื่อได้ข้อมูลที่สมบูรณ์) การทำงานร่วมกัน (Collaborative Work) และการอภิปรายถกเถียงกันเพื่อการตัดสินใจ (Argumentative Debates in Decision making) นักแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่มีประสิทธิภาพจะต้องตระหนักรู้ถึงข้อจำกัดเหล่านี้ ปฏิบัติตามข้อตกลงที่เกี่ยวข้อง แก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และประเมินผลความสำเร็จของแผนการแก้ปัญหา

3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ทีมจะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพหากขาดการจัดการกลุ่มที่ดีและการปรับโครงสร้างให้เข้ากับปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้เรียนจะต้องเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและผู้อื่นในทีมเดียวกัน อยู่บนพื้นฐานของความรู้ที่ว่าสมาชิกคนใดในทีมมีความถนัดอะไร ปฏิบัติตามกฎ

ของกลุ่ม คอยตรวจสอบการทำงานตามโครงสร้างของกลุ่ม สามารถปรับเปลี่ยน เปลี่ยนแปลงเพื่อมิให้เกิดปัญหาในการสื่อสารระหว่างสมาชิกมิให้เกิดการแตกหัก สามารถจัดการกับอุปสรรคที่ทำให้เกิดปัญหา มีมุมมองและการปฏิบัติในแงุ่มที่ตีการแก้ปัญหาบางสถานการณ์ต้องใช้ผู้นำกลุ่มที่มีความเข้มแข็ง ในขณะที่ปัญหาบางอย่างต้องใช้วิธีการประชาธิปไตยในการจัดการผู้เรียนที่มีสมรรถนะต้องสามารถดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อให้แน่ใจว่า คนในทีมสามารถทำหน้าที่ของตนเองเสร็จสมบูรณ์ตามภาระงาน และมีการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลที่สำคัญ อันรวมไปถึงการให้ข้อมูลสะท้อนกลับและการสะท้อนผลความสำเร็จของการจัดการของกลุ่มในกระบวนการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

3. แบบทดสอบการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามแนว PISA

สำหรับแบบทดสอบด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA จะมีลักษณะเป็นสถานการณ์ที่หลากหลายในชีวิตจริงที่สมาชิกในกลุ่มต้องร่วมกันแก้ไขปัญหา โดยนักเรียนเป็นหนึ่งในสมาชิกของกลุ่มในสถานการณ์จะกำหนดเป้าหมายและเงื่อนไขของภารกิจไว้ นักเรียนต้องทำภารกิจดังกล่าว โดยสร้างความเข้าใจกับภารกิจที่ได้รับมอบหมาย ระบุบทบาทหน้าที่ของตนและเพื่อน แล้วสื่อสาร แบ่งปันข้อมูลและร่วมกันแก้ปัญหากับเพื่อนร่วมกลุ่มให้สำเร็จ

บริบทของแบบทดสอบ มีลักษณะดังนี้

- ลักษณะเฉพาะของงาน: สถานการณ์ที่นักเรียนแก้ปัญหาอาจให้ข้อมูลมาอย่างชัดเจน หรือให้ข้อมูลที่คลุมเครือ ไม่เพียงพอต่อการทำภารกิจ ดังนั้น นักเรียนต้องใช้ข้อมูลที่ตนเองมี หรืออาจจำเป็นต้องค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมและใช้ข้อมูลอื่นๆ จากเพื่อนร่วมกลุ่มมาประกอบกัน เพื่อให้ทำภารกิจต่อไปได้

- โครงเรื่องของปัญหา: ข้อสอบจะเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในห้องเรียน โรงเรียน หรือในชีวิตจริงนอกโรงเรียน และเกี่ยวข้องกับเรื่องต่างๆ เช่น คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การอ่าน สิ่งแวดล้อม ชุมชนและการเมือง นอกจากนี้ นักเรียนและเพื่อนร่วมกลุ่มซึ่งมีทักษะ ข้อมูล และเป้าหมายแตกต่างกัน ยังจำเป็นต้องใช้การปฏิสัมพันธ์รูปแบบต่างๆ เช่น การโต้แย้งด้วยเหตุผล การอภิปราย และการโน้มน้าว เพื่อนำมาสู่การตัดสินใจร่วมกันในการทำภารกิจ

- การสื่อสารจากเนื้อเรื่อง: สถานการณ์ในข้อสอบอาจให้ข้อมูลโดยตรงหรือโดยอ้อมแก่นักเรียนข้อมูลที่ให้อาจมีปริมาณมากหรือเพียงเล็กน้อย หรือสอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียนมากน้อยต่างกัน

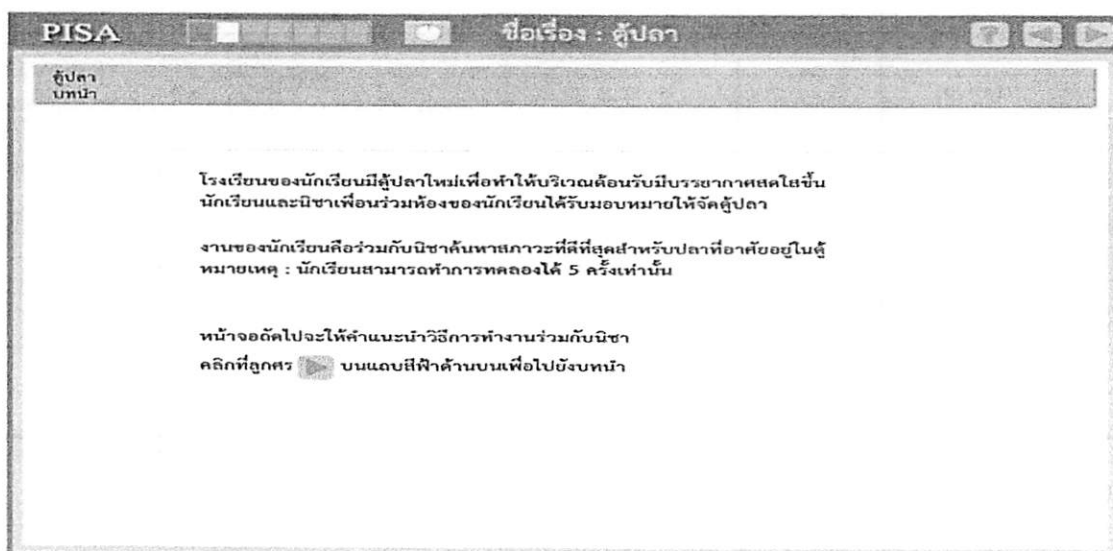
- องค์ประกอบของกลุ่ม: ในแต่ละภารกิจจะกำหนดให้มีจำนวนสมาชิกในกลุ่มต่างกัน และแต่ละคนมีสถานภาพและบทบาทหน้าที่แตกต่างกันด้วย

ลักษณะของแบบทดสอบด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 มีลักษณะดังนี้

- กำหนดสถานการณ์ของปัญหามาให้ โดยเป็นสถานการณ์ที่เกิดในโรงเรียนหรือเกิดขึ้นได้ในชีวิตประจำวัน และมีคนตั้งแต่สองคนขึ้นไปมาร่วมกันแก้ไขปัญหา
- สถานการณ์จะให้รายละเอียดข้อมูลและกำหนดเงื่อนไขของปัญหา รวมถึงระบบบทบาทหน้าที่ของนักเรียนและเพื่อนร่วมกลุ่มซึ่งเป็นตัวละครสมมติจากคอมพิวเตอร์
- ปัญหาในแต่ละสถานการณ์จะประกอบด้วยงานย่อยหลายงาน นักเรียนและเพื่อนร่วมกลุ่มจะต้องร่วมกันทำงานย่อยแต่ละงานให้สำเร็จตามลำดับ โดยต้องใช้การสนทนากันเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและตัดสินใจ
- การสนทนาได้ตอบกับเพื่อนร่วมกลุ่ม ใช้ลักษณะของการแชท (chat) โดยที่นักเรียนต้องเลือกประโยคสนทนาจากตัวเลือกที่มีให้ ระดับคะแนนที่ได้ขึ้นอยู่กับคำตอบของนักเรียนที่แสดงถึงระดับสมรรถนะของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ตัวอย่างข้อสอบ

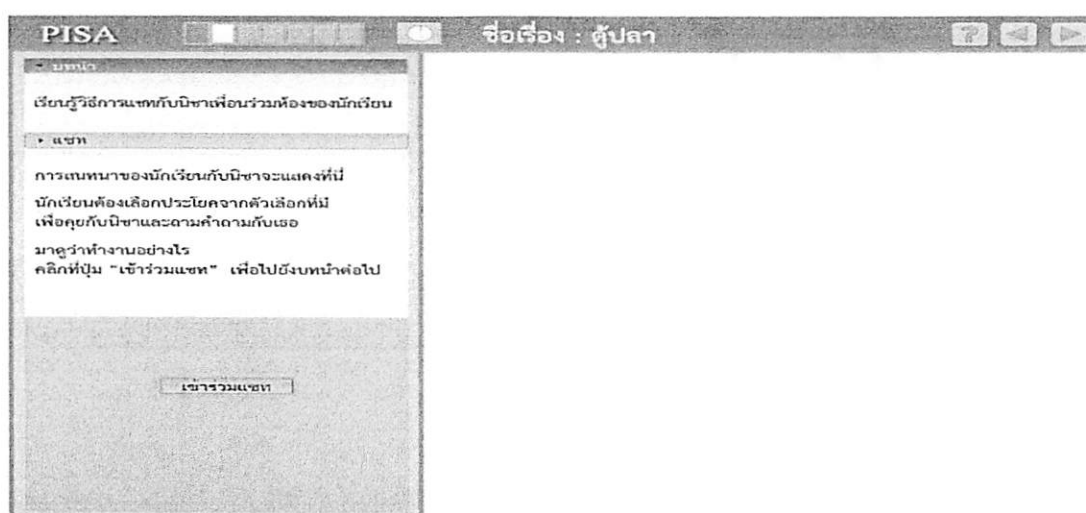
สถานการณ์ที่ 1: ตู้ปลา



ภาพ 1 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1

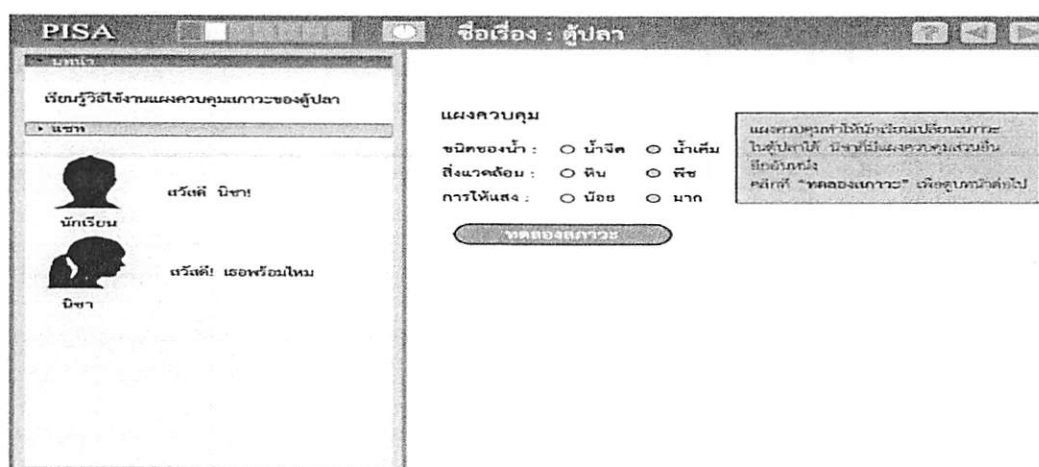
เมื่อนักเรียนเริ่มทำข้อสอบ หน้าจอจะแสดงชื่อเรื่องของสถานการณ์และรายละเอียดของบทนำซึ่งให้ข้อมูลแนะนำสถานการณ์ของปัญหาและการมอบหมายงานให้กับนักเรียน

ในสถานการณ์นี้ นักเรียนและเพื่อนร่วมกลุ่มอีกหนึ่งคน (นิชา) ได้รับมอบหมายให้ทำการทดลองหาสภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการเลี้ยงปลาในตู้ปลา ซึ่งสามารถทดลองเปลี่ยนสภาวะได้เพียง 5 ครั้งเท่านั้น



ภาพ 2 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1

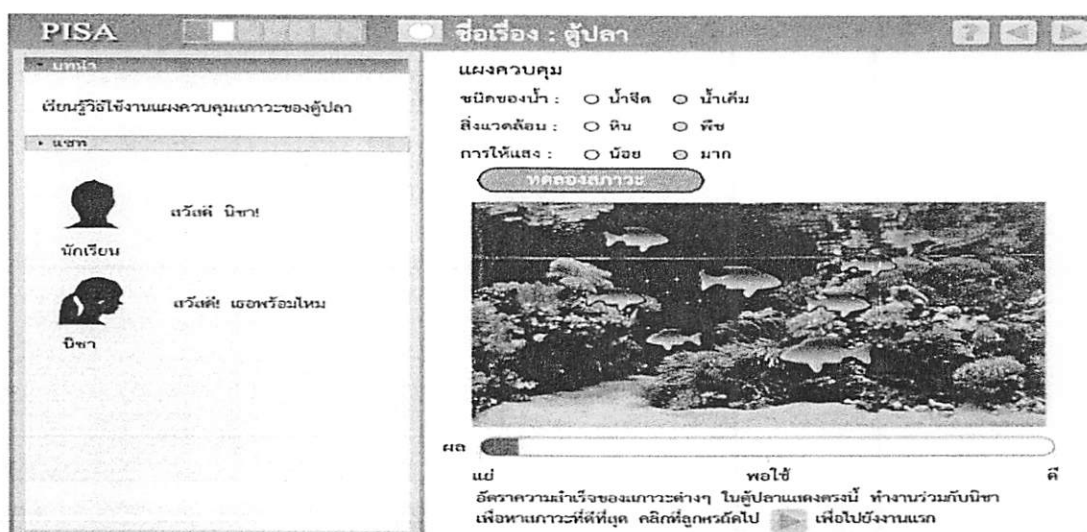
ในหน้าจอตัดไป จะให้ข้อมูลนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการสื่อสาร (พูดคุย) กับเพื่อนร่วมกลุ่มผ่านการแชทซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับการแชทผ่านโปรแกรมสื่อสารทั่วไป โดยนักเรียนไม่ต้องพิมพ์บทสนทนาได้ตอบแต่ให้นักเรียนเลือกประโยคสนทนาที่ต้องการโต้ตอบกับเพื่อนจากตัวเลือกที่มีให้เมื่อนักเรียนพร้อมที่จะเริ่มทำภารกิจ ให้คลิกที่ปุ่ม "เข้าร่วมแชท"



ภาพ 3 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1

การแบ่งพื้นที่ในหน้าจอก็จะมีสองส่วน หน้าจอด้านซ้ายจะเป็นพื้นที่ของการแชทโต้ตอบกับเพื่อนส่วนหน้าจอด้านขวาจะให้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำภารกิจนั้นๆ สำหรับข้อสอบเรื่อง "ตู้ปลา" พื้นที่ทางด้านขวาจะแสดงผลควบคุมตัวแปรต่างๆ ข้อมูลแสดงให้เห็นว่านักเรียนต้องดูแลตัวแปรเรื่อง น้ำ ลิ่งแวดล้อม และแสง ส่วนนิชาคูแลตัวแปรอื่นอีก 3 ตัวแปรเช่นกัน

ในหน้าจอนี้ นักเรียนได้ฝึกการใช้งานแผงควบคุมโดยทดลองคลิกเลือก น้ำเค็ม สภาพแวดล้อมที่เป็นพืชและการให้แสงปริมาณมาก แล้วคลิกที่ปุ่ม "ทดลองสภาวะ" เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้น



ภาพ 4 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1

หลังจากนักเรียนคลิกที่ปุ่ม "ทดลองสภาวะ" จะปรากฏผลการทดลองเป็นภาพของตู้ปลาและข้อมูลระดับผลของสภาวะในตู้ปลาเมื่อนักเรียนได้ทดลองใช้แผงควบคุมต่างๆ และเรียนรู้วิธีดูผลการทดลองแล้ว จะมีคำสั่งให้นักเรียนคลิกที่ "ลูกศรถัดไป" เพื่อเริ่มเขาสู่งานที่นักเรียนและนิชานักเรียนต้องร่วมกันทำต่อไป

ภาระงานที่ 1: การสร้างความเข้าใจที่มีร่วมกัน (Establish shared understanding)

PISA ชื่อเรื่อง : ตู้ปลา

แบบที่ 1 / 7
นักเรียนและนิชามีเวลา 3 นาที เพื่อตัดสินใจว่าจะหาภาวะที่ค้ำที่สุดสำหรับปลาที่อาศัยอยู่ในตู้ด้วยวิธีใด เริ่มขึ้นด้วยการแชทกับนิชา

• แชท

- นักเรียน: ฉันจะลองแบบควบคุมของฉันทูก่อน
- นิชา: เห็นก่อน ฉันจะแบ่งปันแบบควบคุมของฉันให้เธอดูก่อน เธอเห็นของฉันทูไหมคลิกที่ "แบ่งปัน" แล้วฉันจะเห็นของเธอ
- นักเรียน: เยี่ยม ที่นี้กำลังขึ้นแล้ว
- นิชา: แล้วตอนนี้เราจะทำอะไรกับค้
 - เธอพร้อมจะเริ่มแล้วใช่ไหม
 - มาปรับแบบควบคุมกันเถอะ
 - มาลองเปลี่ยนถึงแวดล้อมกัน

แบบควบคุม

ชนิดของน้ำ : น้ำจืด น้ำเค็ม

สิ่งแวดล้อม : หิน พืช

การให้แสง : น้อย มาก

คัดลอกหน้าจอ

แบบควบคุมของนิชา

ชนิดของอาหาร : อาหารแห้ง อาหารแช่แข็ง

จำนวนปลา : น้อย มาก

อุณหภูมิ : ต่ำ สูง

ผล โฟโซ

ภาพ 5 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1

กิจกรรม

ข้อ 1: นักเรียน (The Test-Taker) ต้องค้นหาแบบควบคุมตัวแปรสถานะต่างๆ ของตู้ปลาที่นิชาดูแลอยู่และหากนักเรียนขอให้นิชาแสดงแบบควบคุมที่เธอดูแลอยู่ นักเรียนจะได้ 1 คะแนนสำหรับทักษะนี้ ถ้าหากนักเรียนไม่ร้องขอและพยายามที่จะไปสู่การปฏิบัติงานโดยทันที นิชาจะเสนอความช่วยเหลือและแสดงบทสนทนาเพื่อนำเสนอแบบควบคุมของเธอให้กับนักเรียน (และนักเรียนจะได้ 0 คะแนนสำหรับทักษะนี้)

ข้อ 2: นักเรียนต้องตอบแทนด้วยการกดปุ่ม "share screen" แบ่งปันข้อมูลของแบบควบคุมของตนเองแก่นิชาในกรณีที่นักเรียนไม่แสดงอาการปฏิกิริยาใดๆ (ภายในเวลาที่กำหนด) นิชาจะกระตุ้นผู้เรียนอีกครั้ง

ข้อ 3: นักเรียนเสนอแผนการทำงานที่จะให้ได้วิธีการวิธีการจัดตู้ปลาในสถานะที่ดีที่สุด และขอความคิดเห็นจากนิชา ถ้าหากนักเรียนไม่เสนอความคิดเห็นใดๆ นิชาจะกระตุ้นเตือน และหากนักเรียนยังไม่เสนอความคิดเห็นใดๆ อีก นิชาจะเสนอความคิดเห็นเอง

ข้อ 4: ก่อนที่นักเรียนจะกดปุ่ม "ต่อไป" นักเรียนต้องทำให้แน่ใจว่านิชาจะยอมรับความคิดเห็นร่วมกัน(เช่น ติดตามความเข้าใจที่มีร่วมกัน) เพื่อการทดลองเงื่อนไขสถานะตู้ปลาแบบใหม่และหากนักเรียนไม่กดปุ่ม "ต่อไป" นิชาจะช่วยเหลือโดยถาม/ขอร้อง/กระตุ้นนักเรียนให้ได้ตอบเมื่อนักเรียนกดปุ่ม "ต่อไป" หน้าจอ Pop-up จะถามว่า สมาชิกกลุ่มทั้ง 2 พร้อมสู่ภาระงาน

ต่อไปหรือไม่ ถ้าหากนักเรียนไม่เห็นด้วยกับความคิดเห็นของนิชาก่อนหน้านี้ นิชาสามารถพูดแทรกตอนนี้และนักเรียนสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไข ก่อนที่จะกดปุ่ม "ใช่" เพื่อดำเนินการต่อ

ภาพสรุป (Convergence)

นักเรียนสามารถเห็นแผนควบคุมสภาวะตุ๋ปลาที่นิชาดูแลอยู่ และในทางกลับกัน นิชาก็สามารถเห็นแผนควบคุมสภาวะตุ๋ปลาที่นักเรียนดูแลอยู่เช่นกัน ท้ายสุด นักเรียนและนิชาได้ตัดสินใจในแผนงานนั้นร่วมกัน

ภาระงานที่ 2: การลงมือปฏิบัติตามแผน และการติดตามผล (Enacting Plans and Monitoring Results)

ภาพ 6 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1

กิจกรรม

ข้อ 1: นักเรียนติดตามว่า นิชาได้ทำตามแผนที่ได้อภิปรายร่วมกันไว้หรือไม่ ขณะที่แผนควบคุมของนิชากลับแสดงให้เห็นว่า นิชาไม่ดำเนินงานตามแผนนักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการทดลอง (สภาวะของปลา)

ข้อ 2: นักเรียนต้องเสนอแผนการที่จะดำเนินการ (เช่น “มาลองเปลี่ยนตัวแปรกันเถอะ”) ถ้านักเรียนไม่เสนอความคิด นิชาสามารถกระตุ้นเตือนได้และถ้านักเรียนยังไม่เสนอความคิดใดๆ อีก นิชาจะเสนอความคิดเห็นของเธอ

ข้อ 3: นักเรียนถามความคิดเห็นของนิชาก่อนนำแผนไปสู่การปฏิบัติ ถ้านักเรียนไม่ขอให้นิชาแสดงความคิดเห็น นิชาจะแสดงมุมมองของเธอให้ผู้เรียนทราบเอง

ภาพสรุป (Convergence)

มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในตุ้ปลา ผลการทดลองจะปรากฏให้เห็น

ภาระงานที่ 3: การติดตามและแก้ไขความเข้าใจที่มีร่วมกัน (Monitoring and Repairing the Shared Understanding)

ภาพ 7 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1

กิจกรรม

ข้อ 1: นักเรียนปฏิบัติตามแผนที่ได้อภิปรายร่วมกับนิชานักเรียนติดตามว่า นิชาได้ดำเนินการตามแผนที่ได้อภิปรายร่วมกันไว้หรือไม่ แผนควบคุมของนิชาจะแสดงให้เห็นว่า นิชากำลังดำเนินการตามแผน

ข้อ 2: นักเรียนแบ่งปันความคิดเห็นเกี่ยวกับผลการทดลอง (สภาวะของปลา)

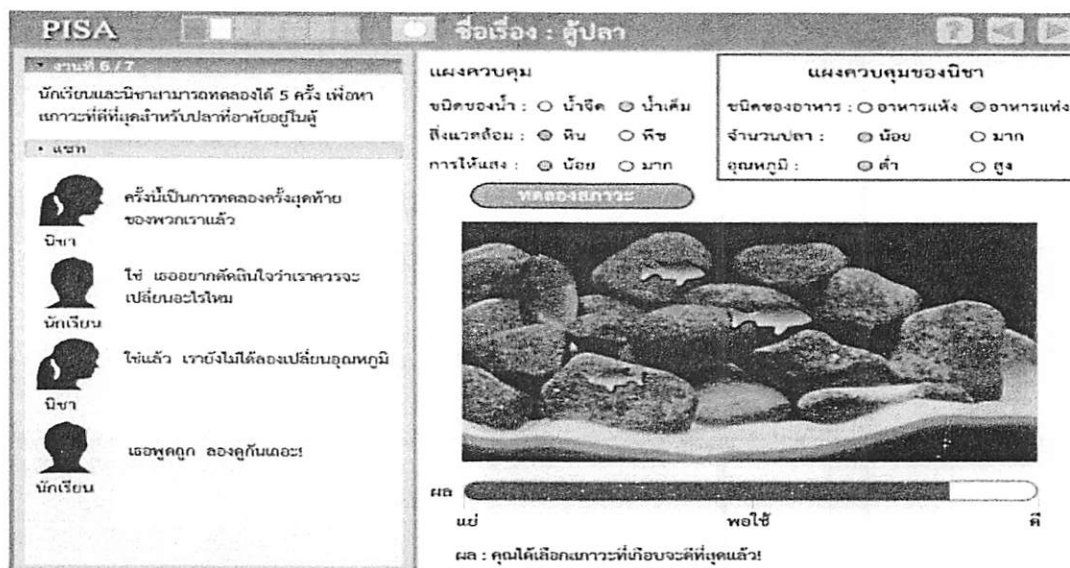
ข้อ 3: นักเรียนแก้ไขสิ่งที่นิชาเข้าใจผิดเกี่ยวกับผลการทดลอง

ข้อ 4: นักเรียนต้องเสนอแผนการในการดำเนินงานต่อ (เช่น "มาเริ่มด้วยการเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมกัน") ถ้าหากนักเรียนไม่เสนอความคิดเห็นใดๆ นิชาจะกระตุ้นเตือนถ้านักเรียนยังไม่เสนอความคิดเห็นใดๆ อีก นิชาจะเป็นผู้นำเสนอความคิดของเธอเอง

ข้อ 5: นักเรียนขอให้นิชาแสดงความคิดเห็นของเธอก่อนนำแผนลงสู่การปฏิบัติถ้านักเรียนไม่ขอให้นิชาแสดงความคิดเห็น นิชาจะแสดงมุมมองของเธอให้ผู้เรียนทราบเอง

ภาพสรุป (Convergence)

มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่างๆ ในตู้ปลา ผลการทดลองจะถูกนำเสนอ
ภาระงานที่ 4 – 6 (ภาระงานจะปรากฏบนหน้าจอหรือไม่ ขึ้นอยู่กับผลการปฏิบัติงานของนักเรียน
เท่านั้น)



ภาพ 8 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1

กิจกรรม

การปรับกลยุทธ์การแก้ปัญหาให้รัดกุมเหมาะสม

ข้อ 1: นักเรียนนำแผนสู่การปฏิบัติตามที่ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นไว้กับนิชานักเรียนติดตามว่า
นิชาได้ดำเนินงานตามแผนที่ได้อภิปรายไว้ แผงควบคุมของนิชาจะแสดงให้เห็นว่านิชากำลัง
ดำเนินการตามแผน

ข้อ 2: นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลการทดลอง (สถานะของปลา)

ข้อ 3: นักเรียนต้องเสนอแผนการในการดำเนินงาน (เช่น “มาลองเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมกัน”)

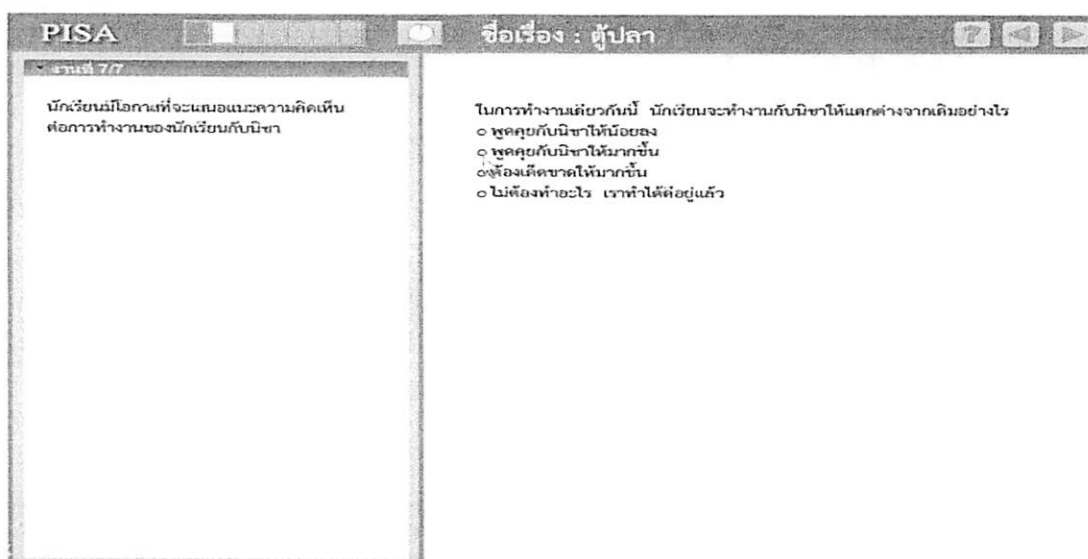
ถ้าหากนักเรียนไม่เสนอความคิดเห็นใดๆ แล้ว นิชาจะกระตุ้นเตือนถ้านักเรียนยังไม่เสนอความคิด
ใดๆ อีก นิชาจะแนะนำความคิดของเธอด้วยตัวเอง

ข้อ 4: นักเรียน ขอให้นิชาแสดงความคิดเห็นของเธอก่อนนำแผนไปสู่การปฏิบัติ (การเสนอแนะ
แนวทางในการปรับตัวแปร) ถ้านักเรียนไม่ขอให้นิชาแสดงความคิดเห็น นิชาจะแสดงมุมมองของ
เธอให้ผู้เรียนทราบเอง

ภาพสรุป (Convergence)

มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในตู้ปลา ผลการทดลองจะถูกนำเสนอ

ภาระงานที่ 7: การสะท้อนผลการทำงาน (Providing Feedback)



ภาพ 9 ตัวอย่างข้อสอบออนไลน์ PISA2015 สถานการณ์ที่ 1

กิจกรรม

ข้อ 1: นักเรียนให้ความคิดเห็นที่สะท้อนกระบวนการทำงานร่วมกันกับนิซา นักเรียนต้องให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับวิธีการที่จะร่วมมือกันเพื่อส่งเสริมให้เกิดการส่งเสริมให้เกิดการทำงานแบบร่วมมือกับนิซาให้ดีขึ้น (เช่น พูดคุยกันให้มากกว่าเดิม เป็นต้น)

ภาพสรุป (Convergence)

นิซาและนักเรียนสะท้อนความคิดเห็นที่มีต่อการทำงานแบบร่วมมือ

4. การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สำหรับการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นมีเกณฑ์การประเมินอยู่หลายรูปแบบดังนี้

PISA 2015 ได้อธิบายว่า ทักษะที่แสดงไว้ในกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในลักษณะสมรรถนะย่อยของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือกับกระบวนการแก้ปัญหารายบุคคล ซึ่งในกรอบการประเมินได้แบ่งระดับความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งในแต่ละ

ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจะแสดงสิ่งที่คาดหวังเกี่ยวกับพฤติกรรมที่นักเรียนจะต้องแสดง นอกจากนั้นแล้วยังใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่เข้าร่วมการประเมินทั้งในและนอกประเทศ อย่างไรก็ตามการวัดความสามารถด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นจะวัดใน 3 สมรรถนะย่อยคือ การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (OECD, 2013, p.28)

การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นได้แบ่งระดับความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือออกเป็น 3 ระดับ คือ สูง กลาง และต่ำ ซึ่งในแต่ละระดับความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นจะอธิบายถึงลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมในการปฏิบัติงานของนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถว่ามีลักษณะอย่างไร ดังนี้

ต่ำ – นักเรียนมีการสืบค้นและสร้างข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องน้อยมากกับงานที่กำหนด นักเรียนถูกกระตุ้นและเตือนความจำเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่และสิ่งที่ต้องปฏิบัติอย่างชัดเจนอยู่บ่อยครั้ง แต่การปฏิบัติงานของนักเรียนมีส่วนน้อยมากที่ทำให้งานบรรลุตามเป้าหมายของกลุ่ม (เช่น เพื่อนร่วมกลุ่มอาจจะต้องติดตามการดำเนินงานตลอดเวลา หรือการทำงานไม่เกี่ยวข้องกันเป้าหมายของงาน) มีการปฏิบัติงานรายบุคคลที่ไม่ได้เป็นไปตามบทบาทและหน้าที่ที่เหมาะสมสำหรับงาน การปฏิบัติงานและการสื่อสารของนักเรียนไม่ค่อยช่วยให้กลุ่มสามารถแก้ไขปัญหาอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้

กลาง – นักเรียนตอบสนองต่อการร้องขอสำหรับการให้ข้อมูลและแจ้งข้อมูลสำคัญต่างๆ ที่มีผลต่อการดำเนินงานของกลุ่มเป็นอย่างดีและโดยปกติแล้วเลือกกระบวนการที่จะสามารถทำให้การดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ นักเรียนมีส่วนร่วมตามบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายและมีส่วนอย่างมากในการวางแผนการดำเนินงานสำหรับการแก้ปัญหา โดยสรุปคือนักเรียนเป็นสมาชิกที่ดีในทีม แต่ไม่เคยเป็นผู้ที่จะคิดริเริ่มเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาและควบคุมสถานการณ์ที่จะเอาชนะอุปสรรคที่ยากลำบากในการทำงานร่วมกัน

สูง - นักเรียนตอบสนองต่อการร้องขอสำหรับการให้ข้อมูลและแจ้งข้อมูลสำคัญต่างๆ ที่มีผลต่อการดำเนินงานของกลุ่ม และเลือกกระบวนการที่จะสามารถทำให้การดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ นักเรียนยังเป็นคนที่กระทำสิ่งต่างๆ ที่เป็นการคิดริเริ่มสร้างสรรค์และสามารถควบคุมสถานการณ์ในระหว่างการดำเนินงาน เช่น ในการร้องขอข้อมูลที่สำคัญจากคนอื่น ๆ การกระทำสิ่งต่างที่คนอื่นไม่ได้ร้องขอ มีประสิทธิภาพในการรับมือกับความขัดแย้ง เป็นคนเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ปัญหาและอุปสรรคใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติงานให้ดีขึ้นและสามารถ

บรรลุปเป้าหมายของกลุ่ม เป็นต้น นักเรียนทำหน้าที่เป็นสมาชิกในทีมที่มีความรับผิดชอบต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้นและร่วมแก้ปัญหาและอุปสรรคที่ยากลำบากในการทำงานร่วมกัน

ต่อไปจะแสดงพฤติกรรมตามสมรรถนะย่อยของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามกรอบการประเมินของ PISA 2015 ว่าพฤติกรรมใดในแต่ละสมรรถนะนั้นสามารถระบุได้ว่ามีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระดับใด ดังรายละเอียดในตารางต่อไปนี้ (OECD, 2013, p.29)

ตาราง 2 แสดงลักษณะพฤติกรรมในแต่ละระดับของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ระดับ สมรรถนะ	ต่ำ	กลาง	สูง
	(1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน	<ul style="list-style-type: none"> นักเรียนทำการสื่อสารสิ่งต่างๆ ที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับงาน การโต้ตอบของนักเรียนให้ข้อมูลน้อยหรือไม่เกี่ยวข้องข้องกับมุมมองของนักเรียน นักเรียนกระทำสิ่งที่สร้างความเข้าใจที่ผิดในการแบ่งปันความรู้กับเพื่อนร่วมกลุ่ม นักเรียนให้ข้อมูลที่ซ้ำซ้อนและเป็นข้อมูลที่ไม่ต้องกับสมาชิกอื่นๆ ในกลุ่ม นักเรียนให้ข้อมูลในช่วงเวลาและสถานการณ์ที่ไม่เหมาะสม 	<ul style="list-style-type: none"> นักเรียนสร้างและตอบโต้ต่อการสอบถามด้วยข้อมูลที่เหมาะสมกับบริบทและมุมมองของตนเองและผู้อื่น นักเรียนสร้างและตอบโต้ต่อการร้องขอเพื่อแจ้งปัญหาของเป้าหมายที่กำหนด ข้อจำกัดของปัญหาและความต้องการของงาน นักเรียนรับทราบหรือยืนยันช่องว่างและข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการทำความเข้าใจร่วมกัน นักเรียนจัดการกับปัญหาที่เกิดจากการแบ่งปันข้อมูลที่ไม่ถูกต้องเมื่อได้รับ

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับ	ระดับ		
	ต่ำ	กลาง	สูง
สมรรถนะ			
(1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน(ต่อ)		การร้องขอ	สื่อสารเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าว
(2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> •นักเรียนดำเนินการหรือสื่อสารอย่างไม่ตั้งใจ ลองผิดลองถูกหาข้อผิดพลาด และมองข้ามปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแก้ปัญหา •นักเรียนดำเนินการอย่างไม่เหมาะสมสำหรับการแบ่งงาน •นักเรียนเสนอการปรับเปลี่ยนแผนการดำเนินงานที่ไม่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหา 	<ul style="list-style-type: none"> •นักเรียนแสดงปฏิกิริยาที่ร้องขอเกี่ยวกับการดำเนินงานและแผนการดำเนินงานที่สามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น •นักเรียนดำเนินการทำงานที่สอดคล้องกับแผนการดำเนินงาน ตามบทบาทและงานที่ได้รับมอบหมาย •การกระทำและการสื่อสารของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความพยายามในการจัดลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา •นักเรียนรับทราบ/ยืนยันความสำเร็จของการดำเนินการเมื่อได้รับแจ้ง •นักเรียนมีส่วนร่วมในการปรับเปลี่ยนแผนการดำเนินงาน แต่ไม่ได้เป็นผู้ริเริ่ม 	<ul style="list-style-type: none"> นอกเหนือจากความสามารถระดับกลาง •นักเรียนสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินการงานและแผนการดำเนินงานที่จะสมบูรณ์โดยสมาชิกของกลุ่มทุกคนเพื่อแก้ปัญหาตามบริบทที่เหมาะสม •นักเรียนเป็นผู้ริเริ่มในการระบุประเด็นปัญหา เสนอ อธิบายหรือเปลี่ยนแปลงแผนการดำเนินงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัญหาที่ต้องแก้หรือเมื่อมีอุปสรรคที่มีผลต่อ การแก้ปัญหา •นักเรียนมีส่วนในการตรวจสอบการดำเนินงานของสมาชิกในกลุ่ม •นักเรียนร่วมระบุแนวทางที่มีประสิทธิภาพที่จะใช้ในการแก้ปัญหา
(3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม	<ul style="list-style-type: none"> •การกระทำและการสื่อสารของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียน 	<ul style="list-style-type: none"> •นักเรียนรับทราบและยืนยันบทบาทหน้าที่ของตัวเอง ตามที่สมาชิกในกลุ่ม 	<ul style="list-style-type: none"> •การกระทำและการสื่อสารของนักเรียนแสดงถึงการเริ่มมีความเข้าใจและวางแผนบทบาท

สมรรถนะ	ระดับ		
	ต่ำ	กลาง	สูง
(3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (ต่อ)	<p>ไม่เข้าใจบทบาทและหน้าที่ของสมาชิกคนอื่น ๆ ในทีม</p> <p>•นักเรียนดำเนินการอย่างไม่เหมาะสมสำหรับการมอบหมายหน้าที่และงานแก่เพื่อนร่วมกลุ่ม</p> <p>•นักเรียนพยายามที่จะดำเนินการในการมอบหมายงานที่แตกต่างกันแก่สมาชิกกลุ่มทุกคนโดยไม่คำนึงถึงความสามารถของแต่ละคน</p> <p>•นักเรียนพยายามที่จะแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง เมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับความช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม</p>	<p>กลุ่มได้มอบหมาย</p> <p>•การกระทำและการสื่อสารของนักเรียนสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มที่จะพยายามแก้ปัญหา</p> <p>•นักเรียนดำเนินงานที่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของหน้าที่ของตนเอง</p> <p>•นักเรียนมีการโต้ตอบอย่างเหมาะสมเมื่อถูกถามเกี่ยวกับการกำหนดและมอบหมายหน้าที่บทบาทของนักเรียน</p> <p>•นักเรียนรับทราบหรือยืนยันเมื่อได้รับข้อมูลการได้รับคำอธิบายหรือสิ่งอื่นที่แสดงให้เห็นเกี่ยวกับอุปสรรคที่เกิดขึ้นในกระบวนการแก้ปัญหาหรืออธิบายหรือมีจะนั้นเป็นการแสดงออกถึงการเกิดอุปสรรค</p>	<p>หน้าที่ของกลุ่มที่แตกต่างกัน ที่จะต้องมีการดำเนินการเพื่อการแก้ปัญหา</p> <p>•นักเรียนยอมรับ รับผิดชอบ กำหนด หรือยืนยันบทบาทหน้าที่ที่ดำเนินการโดยสมาชิกในกลุ่ม</p> <p>•นักเรียนเป็นผู้เริ่มการกระทำสิ่งที่เป็นภาระงาน เสนอ อธิบาย หรือเปลี่ยนแปลงบทบาทของนักเรียนและสมาชิกในกลุ่มเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัญหาที่ต้องการแก้หรือเมื่อสมาชิกกลุ่มไม่ได้ปฏิบัติงานตามที่วางแผนไว้</p> <p>•นักเรียนมีส่วนร่วมในการแจ้งให้สมาชิกในกลุ่มทำงานที่ได้รับมอบหมายให้เสร็จสำหรับหน้าที่ของแต่ละคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลาและสถานการณ์ที่เหมาะสม</p>

ที่มา : (OECD, 2013, p.29)

สำหรับข้อสอบที่วัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือใน PISA 2015 ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 3 สมรรถนะย่อยคือ การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม จะมีการแบ่งน้ำหนักใน



การวัดของข้อสอบตามสมรรถนะต่างๆ คือ 40-50 % , 20-30 % และ 30-35 % ตามลำดับ (OECD, 2013, p.25)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่าเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นมีหลากหลายรูปแบบ แต่เนื่องจากผู้วิจัยต้องการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่เป็นไปตามนิยามของ PISA 2015 ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่ทำการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นรายบุคคล โดยการเก็บข้อมูลและประเมินระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน เช่นเดียวกับ PISA 2015 ซึ่งแบ่งระดับความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือออกเป็น 3 ระดับ ความสามารถคือ สูง กลาง ต่ำ ดังรายละเอียดในตาราง 2

5. ประโยชน์ของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

การเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นวิธีการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ทำให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันมีเป้าหมายในการทำงานร่วมกัน อันจะทำให้มีทักษะในการทำงานกลุ่ม ซึ่งมีนักศึกษาได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้ ดังนี้

จอห์นสัน และจอห์นสัน (Johnson and Johnson, 1987, p. 27-30) กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้ สรุปได้ 9 ประการ ดังนี้

1. นักเรียนเก่งที่เข้าใจคำสอนของครูได้ดี จะเปลี่ยนคำสอนของครูเป็นภาษาพูดของนักเรียน แล้วอธิบายให้เพื่อนฟังได้ และทำให้เพื่อนเข้าใจได้ดีขึ้น
2. นักเรียนที่ทำหน้าที่อธิบายบทเรียนให้เพื่อนฟัง จะเข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น
3. การสอนเพื่อนเป็นการสอนแบบตัวต่อตัวทำให้นักเรียนได้รับความเข้าใจและมีความสนใจมากยิ่งขึ้น
4. นักเรียนทุกคนต่างก็พยายามช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เพราะครุคิดคะแนนเฉลี่ยของทั้งกลุ่มด้วย
5. นักเรียนทุกคนเข้าใจดีว่าคะแนนของตนมีส่วนช่วยเพิ่มหรือลดค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ดังนั้น ทุกคนต้องพยายามปฏิบัติหน้าที่ของตนเองอย่างเต็มความสามารถ เพื่อให้กลุ่มประสบความสำเร็จ
6. นักเรียนทุกคนมีโอกาสฝึกทักษะทางสังคม มีเพื่อนร่วมกลุ่ม และเป็นการเรียนรู้วิธีการทำงานเป็นกลุ่มซึ่งจะเป็นประโยชน์มากเมื่อเข้าสู่ระบบการทำงานอันแท้จริง

7. นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้กระบวนการกลุ่ม เพราะในการปฏิบัติงานร่วมกันนั้นก็ต้องมีการทบทวนกระบวนการทำงานของกลุ่มเพื่อให้ประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน หรือคะแนนของกลุ่มดีขึ้น

8. นักเรียนเก่งจะมีบทบาททางสังคมในชั้นมากขึ้น เขาจะรู้สึกว่าเขาไม่ได้เรียนหรือหลบไปท่องหนังสือเฉพาะตน เพราะเขาต้องมีหน้าที่ต่อสังคมด้วย

9. ในการตอบคำถามในห้องเรียน หากตอบผิดเพื่อนจะหัวเราะ แต่เมื่อทำงานเป็นกลุ่ม นักเรียนจะช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ถ้าหากตอบผิดก็ถือว่าผิดทั้งกลุ่ม คนอื่นๆ อาจจะทำให้ความช่วยเหลือบ้าง ทำให้นักเรียนในกลุ่มมีความผูกพันกันมากขึ้น

อาเรนด์ส (Arends, 1994, p. 345-346) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้สรุปได้ 5 ประการ ดังนี้

1. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การเรียนรู้แบบร่วมมือนี้เป็นการเรียนที่จัดให้นักเรียนได้ร่วมมือกันเรียนเป็นกลุ่มเล็กประมาณ 2-6 คน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายทางการเรียนร่วมกัน นับว่าเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มได้แสดงความคิดเห็นและแสดงออกตลอดจนลงมือกระทำอย่างเท่าเทียมกัน มีการให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เช่น นักเรียนที่เก่งช่วยนักเรียนที่ไม่เก่ง ทำให้นักเรียนที่เก่งมีความรู้สึกภาคภูมิใจรู้จักใช้เวลา และช่วยให้เข้าใจในเรื่องที่ดีขึ้น ส่วนนักเรียนที่ไม่เก่งก็จะซาบซึ้งในน้ำใจเพื่อน มีความอบอุ่นรู้สึกเป็นกันเอง กล้าซักถามในข้อสงสัยมากขึ้น จึงง่ายต่อการทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียน ที่สำคัญในการเรียนรู้แบบร่วมมือนี้คือ นักเรียนในกลุ่มได้ร่วมกันคิด ร่วมกันทำงาน จนกระทั่งสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ถือว่าการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ช่วยให้ความรู้ที่ได้รับเป็นความรู้ที่มีความหมายต่อนักเรียนอย่างแท้จริงจึงมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น

2. ด้านการปรับปรุงความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล การเรียนรู้แบบร่วมมือเปิดโอกาสให้นักเรียนที่มีภูมิหลังต่างกันได้มาทำงานร่วมกัน พึ่งพาซึ่งกันและกัน มีการรับฟังความคิดเห็นกันเข้าใจและเห็นใจสมาชิกในกลุ่มทำให้เกิดการยอมรับกันมากขึ้น เกิดความสัมพันธ์ที่ดีต่อกันซึ่งจะส่งผลให้มีความรู้สึกที่ดีต่อผู้อื่นในสังคมมากขึ้น

3. ด้านทักษะในการทำงานร่วมกันให้เกิดผลสำเร็จที่ดีและการรักษาความสัมพันธ์ที่ดีทางสังคมการเรียนรู้แบบร่วมมือช่วยปลูกฝังทักษะในการทำงานเป็นกลุ่ม ทำให้นักเรียนไม่มีปัญหาในการทำงานร่วมกับผู้อื่น และส่งผลให้งานกลุ่มประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายร่วมกัน ทักษะทางสังคมที่นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ ได้แก่ ความเป็นผู้นำการสร้างควมไว้วางใจกัน

การตัดสินใจ การสื่อสาร การจัดการกับข้อขัดแย้ง ทักษะเกี่ยวกับการจัดกลุ่มสมาชิกภายในกลุ่ม เป็นต้น

4. ด้านทักษะการร่วมมือกันแก้ปัญหา ในการทำงานกลุ่มสมาชิกกลุ่มจะได้รับทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน จากนั้นก็ระดมความคิดช่วยกันวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เมื่อทราบสาเหตุของปัญหา สมาชิกในกลุ่มก็จะแสดงความคิดเห็นเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหามาอภิปรายให้เหตุผลซึ่งกันและกัน จนสามารถตกลงร่วมกันได้ว่า จะเลือกวิธีการใดในการแก้ปัญหาจึงจะเหมาะสม พร้อมกับลงมือร่วมกันแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ตลอดจนทำการประเมินกระบวนการแก้ปัญหาของกลุ่มด้วย

5. ด้านการทำให้รู้จักและตระหนักในคุณค่าของตนเอง ในการทำงานกลุ่ม สมาชิกกลุ่มทุกคนจะได้แสดงความคิดเห็นร่วมกัน การที่สมาชิกในกลุ่มยอมรับในความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกด้วยกัน ย่อมทำให้สมาชิกในกลุ่มนั้นมีความรู้สึกภาคภูมิใจในตนเอง และคิดว่าตนเองมีคุณค่าที่สามารถช่วยให้กลุ่มประสบผลสำเร็จได้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1. ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

“สะเต็ม” หรือ “STEM” ถูกใช้ครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (the National Science Foundation: NSF) ซึ่งใช้คำนี้เพื่ออ้างถึงโครงการหรือโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ STEM ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบว่าขีดความสามารถของประเทศไม่ได้เป็นอันดับหนึ่งในหลายๆด้านดังที่เคยเป็นมา ในขณะที่หลายๆ ประเทศทั่วโลกมีความก้าวหน้าไปมากโดยพบว่าผลการทดสอบ โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) และทดสอบด้านคณิตวิทยาศาสตร์ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS) ของสหรัฐอเมริกานั้นต่ำกว่าหลายประเทศ คณะนักวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ลดลง รวมทั้งรายงานของ Phi Delta Kappan ที่ประเมินว่านักเรียนอเมริกันทำคะแนนได้ต่ำที่สุดในโจทย์แก้ปัญหา (Bellanca and Brandt, 2010; DeJarnette, 2012) นอกจากนี้ นักเรียน นักศึกษาที่สนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ลดจำนวนลง ประชากรวัยทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและวิศวกรรมเองก็มีจำนวนน้อยลงเช่นกัน ชาติแคลนทรัพยากรมนุษย์ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจตามมา ดังนั้น นโยบายการศึกษาแบบ STEM Education จึงเป็นแนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้โดยคาดหวังว่า จะช่วยยกระดับผลการทดสอบต่างๆ เช่น PISA ให้สูงขึ้น ส่งผลให้ประชากรมีคุณภาพและส่งผลให้สามารถแก้ปัญหาของชาติในด้าน

อื่นๆ ได้ (Rachel, 2008) ซึ่งในการนำนโยบายลงสู่การปฏิบัตินั้นพบว่ารัฐบาลได้ทุ่มเทงบประมาณด้าน STEM Education เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีการประกาศใช้แผนการศึกษา Education to Innovate เพื่อเร่งกระตุ้นให้ STEM Education เป็นรูปธรรมและประสบผลสำเร็จ นอกจากนี้ประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ว ในประเทศอื่นๆ ต่างก็ตื่นตัวและให้ความสนใจ STEM Education เช่นกัน

สำหรับประเทศไทยการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 อันเป็นทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตและการพัฒนานวัตกรรมเพื่อสร้างอาชีพให้แก่เยาวชน และเตรียมพร้อมกำลังคนที่มีคุณภาพเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education) ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ และประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ

2. ความหมายของสะเต็มศึกษา

Gonzalez และ Kuenzi (2012) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า หมายถึง การเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ รวมถึงการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งที่เป็นทางการ เช่น ในห้องเรียน และไม่เป็นทางการ เช่น โปรแกรมแบบฝึกหัด

สุพรรณิ ซาญประเสริฐ (2557) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ และขณะเดียวกันต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับการเรียนรู้เนื้อหาด้วยพฤติกรรมเหล่านี้รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

รักพล ธนานวงศ์ ได้ให้ความหมายของ สะเต็มศึกษา คือ การเรียนรู้เนื้อหาและทักษะทางด้านวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และเทคโนโลยี (Technology) ซึ่งเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 และวิชาทั้งสี่เป็นวิชาที่มีความสำคัญในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ และความมั่นคงของประเทศ (รักพล ธนานวงศ์, 2556)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) หรือหลักสูตรสะเต็ม (STEM Curriculum) ของไทยนั้น หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงรวมทั้ง การพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน และการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559)

จากการศึกษาความหมายของสะเต็มศึกษาที่ได้กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่าเป็นการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนนำไปใช้ได้ในชีวิตจริง

3. องค์ประกอบ 4 วิชาของสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความเกี่ยวข้องกับวิชาการหรือวิทยาการที่เป็นหลัก 4 วิชาด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบวิชาการทั้ง 4 กับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของประเทศไทย พบว่า สะเต็มศึกษามีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มสาระการเรียนรู้ 3 กลุ่มสาระฯ ได้แก่ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี

ดังนั้น เมื่อครูหรือนักการศึกษาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจึงต้องคำนึงถึงธรรมชาติของวิชาการทั้ง 4 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ใน 3 กลุ่มสาระฯ ที่กล่าวข้างต้น รวมถึงตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลางซึ่งถูกกำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับความสามารถในการรับรู้ของนักเรียนแต่ละระดับชั้น

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีนั้น มีเป้าหมายหลักในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Science Literate) ผู้รู้คณิตศาสตร์ (Math Literate) และผู้รู้เทคโนโลยี (Technology Literate)ซึ่งเป้าหมายของการเรียนรู้ในวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย

- เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับเนื้อหา (หลัก กฎ และทฤษฎี) วิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และโลก อวกาศ ดาราศาสตร์) สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาระหว่างสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

- เป้าหมายของการสอนคณิตศาสตร์ คือการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผลและการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกันรวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

- เป้าหมายของการสอนเทคโนโลยี คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี (กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์)

- เป้าหมายของการสอนวิศวกรรมศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในออกแบบ และสร้างเทคโนโลยีโดยประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

การเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์

การกล่าวอ้างถึงการนำแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาบูรณาการกับการเรียนรู้ศาสตร์อื่นๆ อีก 4 ศาสตร์นั้น นำมาสู่ความพยายามในการอธิบายความแตกต่างระหว่างศาสตร์ 4 ศาสตร์ที่มีความใกล้เคียงกันมาก ได้แก่

วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ สภาวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (The National Research Council: NRC) ได้ให้ความหมายของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี พร้อมทั้งเปรียบเทียบทักษะของศาสตร์ทั้งสองกับทักษะทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงการเปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์

วิทยาศาสตร์	วิศวกรรมศาสตร์	เทคโนโลยี	คณิตศาสตร์
ตั้งคำถาม (เพื่อเข้าใจธรรมชาติ)	นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาทของ เทคโนโลยีต่อสังคม	ทำความเข้าใจและพยายาม แก้ปัญหา
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้าง โมเดล
ออกแบบและลงมือ ทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	ออกแบบและลงมือ ทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	เรียนรู้วิธีการใช้งาน เทคโนโลยีใหม่ๆ	ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมใน การแก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญกับความ แม่นยำ
ใช้คณิตศาสตร์ ช่วยใน การคำนวณ	ใช้คณิตศาสตร์ ช่วยใน การคำนวณ	เข้าใจบทบาทของเทคโนโลยี ในการพัฒนาด้าน วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม	ใช้ตัวเลขในการให้ ความหมายหรือเหตุผล
สร้างคำอธิบาย	ออกแบบวิธี การแก้ปัญหา		พยายามหาวิธีการและใช้ โครงการในการแก้ปัญหา
ใช้หลักฐานใน การยืนยันแนวคิด	ใช้หลักฐานใน การยืนยันแนวคิด	ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยี โดยพิจารณาถึงผลกระทบ ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	สร้างข้อโต้แย้งและสามารถ วิพากษ์การให้เหตุผลของ ผู้อื่น
ประเมินและสื่อสาร แนวคิด	ประเมินและสื่อสาร แนวคิด		มองหาและนำเสนอระเบียบ วิธีในการเหตุผล

ที่มา: Vasquez, J.A., Sneider, C., and Comer, M. (2013)

4. การวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษาเน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงรวมถึงพฤติกรรมที่ผู้เรียน แสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติ และความสามารถที่แท้จริง ของผู้เรียน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลและประเมินผลยังเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้เรียนและตัวผู้สอน ที่จะได้ รับทราบพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสำเร็จของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใด มีจุดเด่นใดที่ควรส่งเสริม ให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควรจะได้รับ การแก้ไข รวมทั้งผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางใน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มี

ประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และยังเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ปกครองที่จะได้ใช้ข้อมูลจากการวัด และประเมินผลส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้พัฒนาเต็มตามศักยภาพ ตามความถนัด และความสนใจของแต่ละบุคคล ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลมีดังนี้

4.1 การประเมินจากสภาพจริง (authentic assessment)

คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออก การกระทำ หรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรม หรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงาน และความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลายๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึง การพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

1. การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมิน หลากๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลายๆ ด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
2. สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพ ของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถ จดจำความรู้อะไรได้บ้าง
3. เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิด ระดับสูงความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่างๆ และ ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น
4. เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมิน หลากๆ ด้านและ หลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่ควรจะให้ การส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้อง ให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็ม ตามศักยภาพ ตามความสนใจ และความสามารถของ แต่ละบุคคล
5. ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน และ การวางแผนการสอน ของผู้สอนว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ผู้สอน สามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับ กระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่นๆ ที่ เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

6. เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตนเองและสามารถพัฒนา ตนเองได้

7. เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

วิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้

เพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ผลการประเมินอาจจะได้มาจาก แหล่งข้อมูลและวิธีการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม
2. ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน
3. การสัมภาษณ์
4. บันทึกของผู้เรียน
5. การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างผู้เรียนและครู
6. การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ (Practical Assessment)
7. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment)
8. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้ แฟ้มผลงาน (Portfolio Assessment)
9. การทดสอบ

4.2 การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment)

- ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่างๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง หรือ ปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้

- การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงออก กระบวนการทำงานและผลผลิตของงาน จะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน

- ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงานผลสำเร็จ ของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถ ที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมสถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน

ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. การมอบหมายงานให้ทำงานที่มอบให้ทำต้องมีความหมาย มีความสำคัญ มีความสัมพันธ์ กับหลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน และการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

2. การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น การมอบหมายชิ้นงานให้ผู้เรียน ควรจะประชุมปรึกษาหารือและทำความเข้าใจร่วมกันระหว่างผู้สอน และผู้เรียนในการวางแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมของผู้เรียน และการติดตามความก้าวหน้าของผู้สอน

บทบาทของผู้สอน

สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการ ที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่างๆ ผ่านการทำกิจกรรม (Activity Based) หรือ การทำโครงงาน (Project Based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ดังกล่าวนี จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็น ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมี นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ผู้สอนทั้งหลายอาจจะมีกังวลกับการนำสะเต็มศึกษาเข้าสู่อการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน เนื่องจากไม่ทราบว่าจะมีแนวปฏิบัติหรือวิธีการดำเนินการอย่างไรบ้าง ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางของ สสวท. นั้น เน้นรูปแบบของการบูรณาการซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้สอนคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 มุ่งเน้นให้มีการจัดการเรียนรู้แบบองค์รวม โดยมีการบูรณาการความคิดรวบยอด กระบวนการจัดการเรียนรู้ และทักษะด้านต่างๆ ให้เหมาะสมกับแต่ละระดับการศึกษา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการจะช่วยลดความซับซ้อนของเนื้อหาวิชาต่างๆ สามารถยืดหยุ่นเวลาในการจัดการเรียนรู้ สามารถใช้แหล่งการเรียนรู้ได้หลากหลายเพิ่มขึ้น

ผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบการบูรณาการไปใช้ได้ตามความเหมาะสมของเนื้อหา หรือตามสภาพแวดล้อมและความสอดคล้องที่เป็นจริงในโรงเรียน โดยสิ่งที่ควรคำนึงจากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียนมีดังนี้

1. จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด

2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่างๆ ให้หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำงานด้วยกัน
3. จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นจริงที่เกิดขึ้นจริงในชีวิต และสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้
4. จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าในการแสดงออก โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่ม และในชั้นเรียนสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนในการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา
5. ปลูกฝังจิตสำนึก ค่านิยม และจริยธรรม ที่ถูกต้องและดีงาม โดยสอดแทรกในกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะความถูกต้องและดีงามในการดำรงชีวิตในสังคมได้

บทบาทของผู้เรียน

สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการ ที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่างๆ ผ่านการทำกิจกรรม (Activity Based) หรือ การทำโครงการ (Project Based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ดังกล่าวนี จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมี ดังนั้น บทบาทของผู้เรียน คือ ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรม โดยจะต้อง รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

การสอนสะเต็ม

การจัดการเรียนการสอนสะเต็มของไทยนั้น นักวิชาการไทยได้ไปศึกษามาจากต่างประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกาและอังกฤษ ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องไปศึกษาจากต้นแบบของการจัดการเรียนการสอนแบบนี้ เพื่อที่จะทำให้เราเข้าใจถึงวิธีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มอย่างแท้จริง

สหรัฐอเมริกาได้วางแผนโครงสร้างหลักที่จะพัฒนาผู้เรียนอย่างเป็นระบบ โดยประกอบด้วยวิธีการดังนี้ (Office of Educational Technology, 2016)

1. ต้องมีการจัดการเรียนการสอน STEM ตั้งแต่ระดับเด็กเล็กจนกระทั่งถึงเกรด 12
2. การเพิ่มขึ้นและความยั่งยืนของการเรียนรู้ STEM สำหรับทุกคนในชาติ

3. การปรับปรุง STEM ให้เหมาะกับการศึกษาระดับปริญญาตรี
4. การรองรับกลุ่มเป้าหมายที่จะเรียนรู้เรื่อง STEM ในอนาคต
5. ออกแบบ STEM สำหรับระดับบัณฑิตศึกษา

สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ในประเทศไทย ประกอบด้วย ลักษณะ 5 ประการ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ได้แก่

1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการเข้าไปในทุกสายวิชา
2. ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ
3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21
4. ทำทลายความคิดของนักเรียน
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหา ทั้ง 4 วิชา

จะเห็นว่าจุดประสงค์ที่แท้จริงของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งวิชาเหล่านี้เป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน

5. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ลักษณะที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ การผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย องค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราจะหาคำตอบประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้ (1) การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง (2) การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาคควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจัดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการกำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจ เลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาคต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

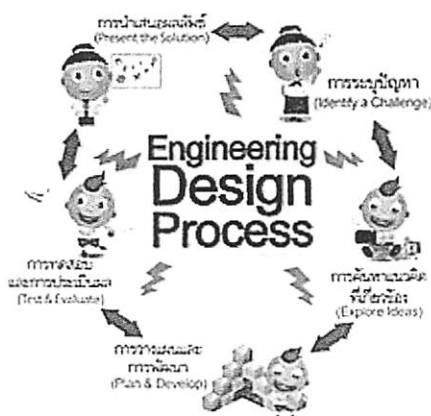
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหาคต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ



ภาพ 10 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: (NRC, 2012)

สะเต็มหมายถึงศาสตร์ด้านกระบวนการ มากกว่าจะเป็นศาสตร์อย่างวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ โดยเน้น การออกแบบ การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา การใช้องค์ความรู้ต่างๆ มา สร้างสรรค์ออกแบบผลงานภายใต้ข้อจำกัด หรือเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบหรือ สร้างบางสิ่งขึ้นมาโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั่นเอง (สุธีระ ประเสริฐทรัพย์, 2559 อ้างถึงใน สุทธิดา จำรัส, 2560)

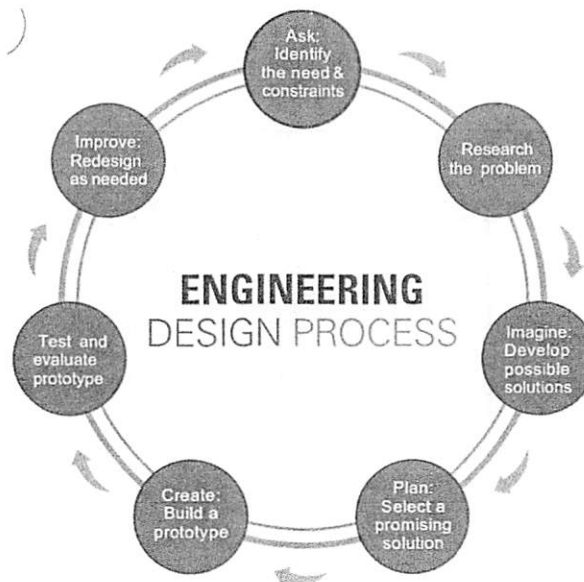


ภาพ 11 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: สุภาวดี สาระวัน. (2562). <https://www.scimath.org/article-stem/item/9117-2018-10-18-09-00-16>.

วิศวกรรมศาสตร์จึงเป็นศาสตร์ทางด้านแนวคิดที่พัฒนาและประยุกต์มาจากการรวมกันของศาสตร์ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์ซึ่งกันและกันจนเกิดการเชื่อมโยงและบูรณาการออกมาเป็นละเต็ม เช่น ศาสตร์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยกระบวนการทางวิศวกรรมหรือ Engineering Design Process: EDP ในแวดวงวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในบ้านเรานั้นจะเห็นได้จากตัวอย่าง EDP 5 ขั้นตามรูปแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ดังนี้ เริ่มต้นจาก 1) การระบุประเด็นปัญหา : Identify a Challenge 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง: Explore Ideas 3) การวางแผนและพัฒนา: Plan & Develop 4) การทดสอบและประเมินผล: Test & Evaluate และ 5) การนำเสนอผลลัพธ์: Present the Solution เราจะเห็นได้ว่ากระบวนการเหล่านี้เน้นที่กระบวนการแก้ปัญหา คิดอย่างเป็นระบบ คิดออกแบบอย่างสร้างสรรค์ การระดมสมองการวางแผนแก้ปัญหา รวมถึงการพัฒนาและนำไปสู่การปฏิบัติได้จริงในโลกแห่งความจริงอีกด้วย

This engineering curriculum meets Next Generation Science Standards (NGSS).



ภาพ 12 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: Teach Engineering. (2016). Engineering Design Process. Retrieved from <https://www.teachengineering.org/k12engineering/designprocess>

1. ขั้นระบุปัญหา: ระบุความต้องการและข้อ จำกัด ของวิศวกรรมคำถามที่สำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่พวกเขาต้องการสร้างไม่ว่าจะเป็นตีกระฟ้า, สวนสนุก, จักรยานหรือสมาร์ทโฟน

คำถามเหล่านี้รวมถึงปัญหาในการแก้ไขคืออะไร เราต้องการออกแบบอะไร สำหรับใคร เราต้องการทำอะไรให้สำเร็จ ข้อกำหนดของโครงการคืออะไร? ข้อจำกัดคืออะไร? เป้าหมายของเราคืออะไร

2. **ขั้นรวบรวมวิธีการแก้ไขปัญหา:** วิจัยปัญหาซึ่งรวมถึงการพูดคุยกับผู้คนจากภูมิหลังและความเชี่ยวชาญที่แตกต่างกันมากมายเพื่อช่วยในการค้นคว้าว่ามีผลิตภัณฑ์หรือโซลูชันใดบ้างที่มีอยู่แล้วหรือเทคโนโลยีใดที่สามารถปรับให้เหมาะสมกับความต้องการของคุณ

3. **ขั้นจินตนาการวิธีการแก้ปัญห:** พัฒนาวิธีแก้ปัญหที่เป็นไปได้คุณทำงานกับทีมเพื่อระดมความคิดและพัฒนาวิธีแก้ปัญหให้ได้มากที่สุด นี่คือเวลาที่จะสนับสนุนความคิดที่ดูร้ายและชะลอการตัดสินใจ สร้างความคิดของผู้อื่น จดจ่อกับหัวข้อและมีการสนทนาหนึ่งครั้ง ข้อควรจำ : การออกแบบที่ดีนั้นเกี่ยวกับการทำงานเป็นทีม!

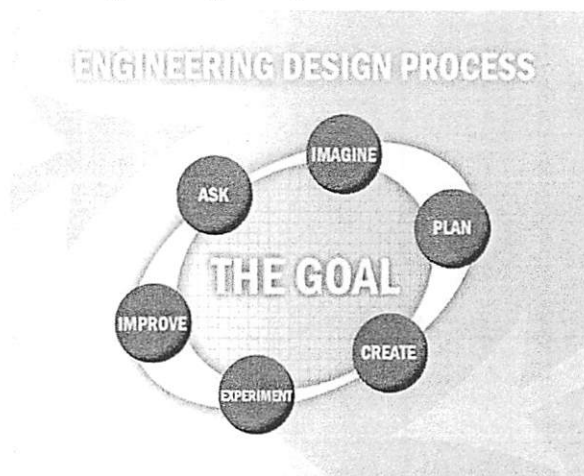
4. **ขั้นวางแผน:** เลือกโซลูชันที่น่าเชื่อถือสำหรับหลายๆ ทีมนี้เป็นขั้นตอนที่ยากที่สุด ทบทวนความต้องการ ข้อ จำกัด และการวิจัยจากขั้นตอนก่อนหน้าเปรียบเทียบแนวคิดที่ดีที่สุดของคุณเลือกโซลูชันหนึ่งรายการและวางแผนที่จะดำเนินการต่อไป

5. **ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงานที่เป็นต้นแบบ:** สร้างอาคารต้นแบบต้นแบบที่ทำให้ความคิดของคุณเป็นจริง โซลูชันการออกแบบรุ่นแรกๆ เหล่านี้ช่วยให้ทีมของคุณตรวจสอบว่า การออกแบบตรงตามวัตถุประสงค์ของความท้าทายดั้งเดิมหรือไม่ ผลักดันตัวเองสำหรับความคิดสร้างสรรค์จินตนาการและความเป็นเลิศในการออกแบบ

6. **ขั้นทดสอบและประเมินต้นแบบ:** ใช้งานได้หรือไม่ มันแก้ปัญหาคือความต้องการหรือไม่ วิเคราะห์และพูดคุยเกี่ยวกับสิ่งที่ใช้ได้ผลอะไรไม่ได้และสิ่งที่ควรปรับปรุง

7. **ขั้นปรับปรุง แก้ไขชิ้นงาน:** ออกแบบใหม่ตามที่ต้องการ อภิปรายว่าคุณจะปรับปรุงข้อควรระวังได้อย่างไร ทำการแก้ไข วาดการออกแบบใหม่ วนซ้ำการออกแบบของคุณเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ของคุณดีที่สุด

The NASA's BEST Engineering Design Model



ภาพ 13 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: National Aeronautics and Space Administration. (2018).

<https://www.nasa.gov/audience/foreducators/best/edp.html>

ถาม: นักเรียนระบุปัญหาข้อกำหนดที่ต้องปฏิบัติตามและข้อ จำกัด ที่ต้องพิจารณา
จินตนาการ: นักเรียนระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดการวิจัย พวกเขายังระบุสิ่งที่
คนอื่นทำ

วางแผน: นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดสองถึงสามจากรายการระดมสมองและร่าง
การออกแบบที่เป็นไปได้ในที่สุดเลือกการออกแบบเดียวเป็นต้นแบบ

สร้าง: นักเรียนสร้างรูปแบบการทำงานหรือต้นแบบที่สอดคล้องกับข้อกำหนด
การออกแบบและอยู่ภายในข้อ จำกัดการออกแบบ

การทดสอบ: นักเรียนประเมินโซลูชันผ่านการทดสอบ พวกเขารวบรวมและวิเคราะห์
ข้อมูล พวกเขาสรุปจุดแข็งและจุดอ่อนของการออกแบบที่เปิดเผยมะหว่างการทดสอบ

ปรับปรุง: จากผลการทดสอบนักเรียนปรับปรุงการออกแบบของพวกเขา พวกเขายัง
ระบุการเปลี่ยนแปลงที่พวกเขาจะทำและปรับการแก้ไขของพวกเขา

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของ The NASA's
BEST Engineering Design Model กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ
6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ถาม: นักเรียนระบุปัญหาข้อกำหนดที่ต้องปฏิบัติตามและข้อจำกัด ที่ต้องพิจารณา

2. จินตนาการ: นักเรียนระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดการวิจัย พวกเขาจะระบุสิ่งที่คนอื่นทำ
3. วางแผน: นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดสองถึงสามจากรายการระดมสมองและร่างการออกแบบที่เป็นไปได้ในที่สุดเลือกการออกแบบเดียวเป็นต้นแบบ
4. สร้าง: นักเรียนสร้างรูปแบบการทำงานหรือต้นแบบที่สอดคล้องกับข้อกำหนดการออกแบบและอยู่ภายในข้อ จำกัด การออกแบบ
5. การทดสอบ: นักเรียนประเมินโซลูชันผ่านการทดสอบ พวกเขารวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล พวกเขาสรุปจุดแข็งและจุดอ่อนของการออกแบบที่เปิดเผยระหว่างการทดสอบ
6. ปรับปรุง: จากผลการทดสอบนักเรียนปรับปรุงการออกแบบของพวกเขา พวกเขายังระบุการเปลี่ยนแปลงที่พวกเขาจะทำและปรับการแก้ไขของพวกเขา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวิชาฟิสิกส์โดยตรงพบว่า มีผู้ทำการวิจัยไว้น้อย ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์ในแขนงอื่นๆ เช่น เคมี ชีววิทยา วิทยาศาสตร์ทั่วไป และเป็นจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่นที่มีลักษณะคล้ายกันกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ในเรื่องของการกำหนดสถานการณ์ อย่างไรก็ตามพอจะสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ดังนี้

1. งานวิจัยภายในประเทศ

ชนกกานต์ เนตรรัศมี (2562) การวิจัยปฏิบัติการมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง เคมีสิ่งแวดล้อม ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกสะท้อนผล และแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ผลการวิจัยพบว่าการจัดเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือควรจะเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนร่วมมือกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งการจัดการเรียนรู้อยู่แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้งหมด 5 ขั้นตอนนี้สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้ โดยเฉพาะสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหามากที่สุด รองลงมาคือสมรรถนะ

การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มตามลำดับ

สุกัญญา เชื้อหลูปโพธิ์ (2561) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน และเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิธีดังกล่าว การวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ในด้านความคิดยืดหยุ่นและด้านความคิดริเริ่ม

ชนะชัย ทะยอมน (2560) การวิจัยปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะและผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบเสริมต่อการเรียนรู้บนฐานของการใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ จำนวน 37 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือแบบบันทึกการสะท้อนผล และแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพิ่มขึ้นตามลำดับจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึง 3 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทำวงจรปฏิบัติการที่ 3 ด้วยการใช้แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะในระดับสูงและกลางของแต่ละสมรรถนะย่อย แต่เมื่อพิจารณาสมรรถนะที่นักเรียนพัฒนาได้ดีที่สุด คือ สมรรถนะ “การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม” รองลงมา คือ สมรรถนะ “การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน” และลำดับสุดท้าย คือ สมรรถนะ “การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา”

ธีรฎา ไชยเดช (2560) การวิจัยนี้เป็นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนโดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ โดยกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเก็บรวบรวมข้อมูลโดย

ใช้แบบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบสังเกตการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้ โดยนักเรียนร้อยละ 95.8 มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงหลังจากการจัดการเรียนรู้

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Kim, M., and Teck Tan, H. (2012) การศึกษาครั้งนี้สำรวจและจัดทำเอกสารคำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับโอกาสในการสร้างองค์ความรู้ร่วมและความร่วมมือในกระบวนการแก้ปัญหาภายใต้ความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อมที่ซับซ้อนและประเด็นปัจจุบันใช้ความรู้และทักษะหลายด้าน นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ($n = 16$; อายุ 14 ปี) และนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ($n = 16$; อายุ 17) จากสถาบันสาธารณะของสิงคโปร์สองแห่งเข้าร่วมในการศึกษาภาคสนามวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเพื่อรับประสบการณ์การบูรณาการความรู้และกระบวนการตัดสินใจ นักเรียนทำงานในหกหัวข้อการวิจัยเพื่อทำความเข้าใจกับลักษณะของฟาร์มเกษตรอินทรีย์และแผนการสร้างหมู่บ้านนิเวศ นักเรียนรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากภาคสนามและแบ่งปันสิ่งที่ค้นพบ การทำงานภาคสนามและการอภิปรายของพวกเขาคือการบันทึกวิดีโอและโน้ตสะท้อนและรายงานขั้นสุดท้ายของพวกเขา ข้อมูลที่รวบรวมมานำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาโดยการเข้ารหัสและตีความข้อมูล

ผลการวิจัยพบว่าตลอดการศึกษาจากประสบการณ์ของนักเรียนมีความต้องการและการพัฒนาความรู้แบบผสมผสานกับความท้าทายของการแบ่งปันความรู้และการสื่อสารระหว่างการทำงานร่วมกันและเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา จากการค้นพบจากการวิจัยการศึกษาครั้งนี้กล่าวถึงการเรียนรู้ของนักเรียนผ่านกระบวนการแก้ปัญหาร่วมกันรวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้และการพัฒนาความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเช่นการเคารพและดูแลความรู้และการเรียนรู้ของผู้อื่น

Chen L., Yoshimatsu, N., Goda, Y., Okubo, F., Taniguchi, Y., Oi, M., Konomi, S., Shimada, A., Ogata, H. and Yamada, M. (2019) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้และการแก้ปัญหาความร่วมมือ (CPS) ในด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) เรารวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญในการศึกษา STEM รวมถึงกลยุทธ์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้และตรวจสอบความสัมพันธ์ของพวกเขากับประสิทธิภาพ การเรียนรู้และการรับรู้ CPS ตามลำดับ แหล่งข้อมูลหลายแหล่งรวมถึงการทดสอบการเรียนรู้ข้อเสนอแนะแบบสอบถามและบันทึกการเรียนรู้ได้รับการรวบรวมและ

ตรวจสอบตามวิธีการวิเคราะห์การเรียนรู้ พบความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญสำหรับ พฤติกรรมการเรียนรู้ของการใช้เครื่องหมายที่มีประสิทธิภาพการเรียนรู้และการรับรู้ CPS ในการอภิปรายกลุ่มในขณะที่ความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับปัจจัยบางประการของกลยุทธ์การเรียนรู้ STEM และพฤติกรรมการเรียนรู้ ผลลัพธ์บ่งบอกถึงความสำคัญของวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการใช้กลยุทธ์การเรียนรู้และเครื่องมือการทำงานในการศึกษา STEM

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) เนื่องจากการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นกระบวนการแสวงหาวิธีการแก้ปัญหาด้านการจัดการในห้องเรียนของครู ซึ่งครูพบปัญหาและคิดหาวิธีการแก้ปัญหา จากนั้นนำวิธีการแก้ปัญหาไปทดลองใช้ พร้อมทั้งสังเกตผลและสะท้อนผลทันทีในห้องเรียน (สุวิมล ว่องวานิช, 2552 อ้างอิงใน สิริรักษา กิจเกื้อกุล, 2557, หน้า 142) วิธีดำเนินงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ผู้เข้าร่วมวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

รูปแบบการวิจัย

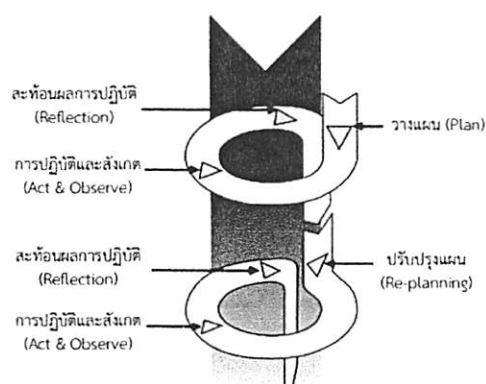
การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) ตามรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการของ Kemmis และ McTaggart (1988 อ้างอิงใน สิริรักษา กิจเกื้อกุล, 2557, หน้า 149-152) เป็นวงจร PAOR ที่ต่อเนื่องกันเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

- 1) **ขั้นวางแผน (Plan)** ผู้วิจัยได้พบปัญหาในชั้นเรียน จึงได้รวบรวมความรู้และประสบการณ์และศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม จนได้เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยแก้ปัญหา จากนั้นนำวิธีการจัดการเรียนรู้ ไปแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมงาน หรือผู้เชี่ยวชาญ จนกลายเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่ช่วยแก้ปัญหาในห้องเรียนของผู้วิจัย
- 2) **ขั้นปฏิบัติ (Act)** ผู้วิจัยนำการจัดการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไว้ไปทดลองใช้กับห้องเรียนของผู้วิจัย

3) ขั้นสังเกต (Observe) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนควบคู่ไปในขณะจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนอย่างละเอียด

4) ขั้นสะท้อนผล (Reflect) เป็นขั้นตอนของการที่ผู้วิจัยนำผลสรุปที่ได้จากขั้นที่ 3 มาทำการวิเคราะห์ถึงปัญหา และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ จากนั้นปรับปรุง และพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

หลังจากปฏิบัติครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการแล้วทำการประเมินนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ



ภาพ 14 การเก็บรวบรวมข้อมูลแต่ละวงจรปฏิบัติการ

ผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในจังหวัดภาคเหนือ ตอนล่าง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง จำนวน 45 คน เป็นนักเรียนชาย 9 คน นักเรียนหญิง 36 คน เพราะเป็นนักเรียนที่เก่ง ได้รับการคัดเลือกจากคะแนนสอบที่สูงสุด นักเรียนมักจะเลือกทำงานส่วนบุคคลมากกว่างานกลุ่มส่วนใหญ่ในภาคเรียนที่ผ่านมา นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย โรงเรียนมีบริการห้องสมุด ห้องศึกษาค้นคว้า ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และสัญญาณอินเทอร์เน็ตทั้งโรงเรียน ห้องเรียนของนักเรียนจัดโต๊ะแบบนั่งเรียนเป็นคู่ๆ จะมีอุปกรณ์ในการสอน เช่น โปรเจคเตอร์ เครื่องเสียง คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ รวมทั้งในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่จัดโต๊ะให้นักเรียนเรียนเป็นกลุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัยในครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ เป็นเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์พื้นฐาน) จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการเรียนรู้ละ 3 ชั่วโมง ใช้ระยะเวลาในการสอน 3 สัปดาห์ รวม 9 ชั่วโมง โดยแผน ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แผนที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม และแผนที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น แต่ละแผนมีชั้นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำนวน 6 ชั้น ดังนี้ 1) ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่ปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญห 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) การนำความรู้ที่รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหามองไปถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) การพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหามองต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหามองต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน

2. แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นตามกรอบ การประเมินของ PISA 2015 โดยมีสถานการณ์ทั้งหมด 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 6 ข้อ และแบบเขียนตอบ 6 ข้อ

3. แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหา เป็นการบันทึกลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นของการจัดการเรียนรู้โดยผู้วิจัย และใช้กับการสังเกตแบบมีส่วนร่วมเขียนบรรยายลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียนที่สังเกตได้จากห้องเรียนและโดยมีการบันทึกวิดีโอเพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตในขณะที่มีการจัดการเรียนรู้

4. แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยสร้างแบบบันทึกสะท้อนผลมีลักษณะการเขียนบรรยายเป็นข้อๆ ตามคำถามที่ตั้งไว้คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ มีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร ปัญหาและอุปสรรคที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้ แนวทางแก้ปัญหา และข้อเสนอแนะ

ตาราง 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดมุ่งหมายของการวิจัยกับเครื่องมือการวิจัย

จุดมุ่งหมายของการวิจัย	เครื่องมือ		
	แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้
1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ			✓
2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ	✓	✓	

การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย

การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2. แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 3. แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 4. แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนา ดังต่อไปนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ดำเนินการสร้างและพัฒนา ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากเอกสารงานวิจัย บทความ จากหน่วยงาน สถาบันต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ และสาระเทคโนโลยี เพื่อศึกษามาตรฐานและตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีมาตรฐานและตัวชี้วัดดังต่อไปนี้

มาตรฐานและตัวชี้วัดวิชาคณิตศาสตร์

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/4 คาดคะเนความยาวเป็นเมตรและเป็นเซนติเมตร

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.3/5 เปรียบเทียบความยาวระหว่างเซนติเมตรกับมิลลิเมตร เมตรกับเซนติเมตร กิโลเมตรกับเมตร จากสถานการณ์ต่างๆ

ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.4/3 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ ความยาวรอบรูป และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/1 วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ รวมทั้งประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษย์ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยี

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคใน การแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และ ตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นไปได้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบ วางแผน ขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผล การแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/5 ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยีที่ซับซ้อนในการแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมและปลอดภัย

ชั้นที่ 3 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 60) ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ เนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่ แบบต่างๆ มีมาตรฐานและตัวชี้วัดดังต่อไปนี้

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด ว 2.2 ม.5/3 สังเกต วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของ วัตถุกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ

ตัวชี้วัด ว 2.2 ม.5/5 สังเกตและอธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ ได้แก่ การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และ การเคลื่อนที่แบบสั่น

ตัวชี้วัด ว 2.2 ม.5/6 สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงโน้มถ่วงที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของ วัตถุต่างๆ รอบโลก

ชั้นที่ 4 กำหนดเนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ จำนวน 3 เรื่อง ในการเขียนแผน จำนวน 3 แผน โดยแผนที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แผนที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่

แบบวงกลม และแผนที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น แผนละ 3 คาบ รวมเวลา 9 ชั่วโมง ซึ่งแต่ละแผนแยกเป็นวงจร 3 วงจร

ขั้นที่ 5 กำหนดจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัย ที่ชอบคลุมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ขั้นที่ 6 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

ขั้นที่ 7 นำแผนจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไข เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์จากคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์จากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมด้านการจัดการเรียนรู้ เนื้อหาที่ใช้ในการสอน และข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งพบว่าต้องปรับแก้สถานการณ์ยังไม่สอดคล้องกับเนื้อหา และปรับกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจนในการส่งเสริมสมรรถนะ และใบกิจกรรมให้น่าสนใจ

ขั้นที่ 9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ทุกแผนจะพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ จากนั้นนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ต่อไป ได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามขอบเขตเนื้อหาสะเต็มศึกษาดังตารางที่ 5 โดยแต่ละแผน มีชั้นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำนวน 6 ชั้น

ตาราง 5 แสดงการบูรณาการเนื้อหา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้	สถานการณ์	วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	วิศวกรรม	เทคโนโลยี
แผนที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	"สถานการณ์ไฟฟ้าในออสเตรเลีย หัวหน้าฝ่ายฉุกเฉินรัฐวิกตอเรีย กล่าวถึงความหวังวิตกเพราะเปลวไฟที่ลุกโชน ควันไฟที่พวยพุ่งขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศสูง เป็นสถานการณ์ที่ยากลำบากสำหรับการควบคุมไฟ <u>ชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ</u> เครื่องยิงดับเพลิง	1. สังเกต วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของวัตถุกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ 2. สังเกตและอธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ ได้แก่ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงโน้มถ่วงที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ รอบโลก	1. คาดคะเนความยาวเป็นเมตรและเป็นเซนติเมตร 2. เปรียบเทียบหน่วยความยาวจากสถานการณ์ต่างๆ 3. แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก	กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 1. ถามเพื่อระบุปัญหา (Ask) 2. จินตนาการวิธีแก้ปัญหา (Imagine) 3. วางแผน (Plan) 4. สร้างชิ้นงาน(Create) 5. การทดสอบประเมินวิธีการแก้ปัญหา (Experiment) 6. ปรับปรุง ชิ้นงาน (Improve)	1. วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ 2. ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็น

ตาราง 5 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	สถานการณ์	วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	วิศวกรรม	เทคโนโลยี
แผนที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (ต่อ)					<p>ภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบวางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา</p> <p>4. ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด</p>

ตาราง 5 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	สถานการณ์	วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	วิศวกรรม	เทคโนโลยี
แผนที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม	สถานการณ์ที่นักกีฬาที่ต้องขว้างลูกเหล็กให้ไปได้ไกลโดยใช้แรงที่เกิดจากหมุนแล้วสามารถยกลูกเหล็กขึ้นและขว้างลูกเหล็กไปได้ไกล <u>ชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ</u> การสร้างอุปกรณ์หมุนเพื่อยกของและขนส่งของ	1. สังเกต วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของวัตถุกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ 2. สังเกตและอธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ ได้แก่ การเคลื่อนที่แบบวงกลม 3. สืบค้นข้อมูล และอธิบายแนวโน้มต่างๆ ที่เกี่ยวกับ การเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ ทั่วโลก	1. คาดคะเน ความยาว เป็นเมตรและเป็น เซนติเมตร 2. เปรียบเทียบหน่วย ความยาวจาก สถานการณ์ต่างๆ 3. แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ ความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก	กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 1. ถามเพื่อระบุปัญหา (Ask) 2. จินตนาการวิธีการแก้ปัญหา (Imagine) 3. วางแผน (Plan) 4. สร้างชิ้นงาน(Create) 5. การทดสอบประเมินวิธีการแก้ปัญหา (Experiment) 6. ปรับปรุง ชิ้นงาน (Improve)	1. วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะ วิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ 2. ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มี 3. ความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็น ภายใต้งบประมาณและทรัพยากรที่มี

ตาราง 5 (ต่อ)

แผนการ จัดการเรียนรู้	สถานการณ์	วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	วิศวกรรม	เทคโนโลยี
แผนที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่ แบบวงกลม (ต่อ)					<p>อยู่นำเสนอแนวทาง การแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วย เทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยใน การออกแบบ วางแผนขั้นตอน การทำงานและดำเนินการ แก้ปัญหา</p> <p>4. ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้ กรอบเงื่อนไข หาแนวทาง การปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอ ผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอ แนวทางการพัฒนาต่อยอด</p>

ตาราง 5 (ต่อ)

แผนการ จัดการเรียนรู้	สถานการณ์	วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	วิศวกรรม	เทคโนโลยี
แผนที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่ แบบเส้น (ต่อ)					<p>อยู่ นำเสนอแนวทาง การแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วย เทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยใน การออกแบบ วางแผนขั้นตอน การทำงานและดำเนินการ แก้ปัญหา</p> <p>4. ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้ กรอบเงื่อนไข หาแนวทาง การปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอ ผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอ แนวทางการพัฒนาต่อยอด</p>

2. แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งสร้างตามกรอบการวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 ดำเนินการสร้างและพัฒนา ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูล เรื่อง สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ จากเอกสาร และงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ขั้นที่ 2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ตามกรอบการวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 ว่ามีข้อสอบรูปแบบใดบ้างที่เหมาะสมกับเนื้อหา

ขั้นที่ 3 สร้างแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ตามกรอบการวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 จำนวน 12 ข้อ

ขั้นที่ 4 นำแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ที่สร้างขึ้นตามกรอบการวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจพิจารณา ประกอบด้วย อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ และนำแบบทดสอบไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้รับคำแนะนำในการปรับแก้คำถาม และสถานการณ์ ที่ใช้ในแบบทดสอบ จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการปรับแก้ไขตามคำแนะนำ

ขั้นที่ 5 นำแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ที่สร้างขึ้นตามกรอบการวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 ไปใช้กับนักเรียนที่ได้รับการวิจัย

3. แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เป็นแบบสังเกตที่สังเกตพฤติกรรมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่สังเกตจากในห้องเรียนโดยการบันทึกวิดีโอ เขียนบรรยายลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียนที่สังเกตได้เพื่อให้ง่ายต่อการใช้ในขณะที่มีการจัดการเรียนรู้ โดยมีวิธีดำเนินการสร้างและพัฒนา ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาหลักการ และแนวทางการสร้างแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากเอกสารงานวิจัย

ขั้นที่ 2 กำหนดประเด็นแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ขั้นที่ 3 สร้างแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ขั้นที่ 4 นำแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจพิจารณา ประกอบด้วย อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ และผู้เชี่ยวชาญ

ด้านการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ และนำแบบทดสอบไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้รับคำแนะนำในการปรับข้อสังเกตพฤติกรรมให้ชัดเจน จากนั้นได้ดำเนินการปรับแก้

ขั้นที่ 5 นำแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปใช้สังเกตพฤติกรรมนักเรียนระหว่างที่ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการร่วมกับใบกิจกรรมของนักเรียน

4. แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกที่สะท้อนการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจร โดยผลการสังเกตจะอธิบายว่าการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยผู้สังเกต ได้แก่ ผู้วิจัย และผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน คือ ครูประจำการที่มีประสบการณ์สอนฟิสิกส์ ได้รับคำแนะนำในการเพิ่มเติมคำอธิบายแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เมื่อปรับแก้แล้วก็นำไปใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย โดยเก็บข้อมูลการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการของ Kemmis และ McTaggart (1988 อ้างอิงใน สิริรักษา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 149-152) เป็นวงจร PAOR ที่ต่อเนื่องกันเป็น 3 วงจร ดังนี้

วงจรที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ขั้นที่ 1 ชั้นวางแผน

ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากนั้นทำการศึกษาลักษณะสถานศึกษาและคำอธิบายรายวิชา ว31102 วิทยาศาสตร์กายภาพ(ฟิสิกส์) จากนั้นนำเนื้อหาที่ได้มาจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง 3 เครื่องมือ ได้แก่ 1) แบบบันทึกสะท้อนผล 2) แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 3) แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ขั้นที่ 2 ชั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยใช้เวลา 3 คาบเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นการสังเกต

ผู้วิจัยได้สังเกตผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในขณะจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล

ผู้วิจัยได้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้แบบบันทึกสะท้อนผลร่วมกับครูที่มีประสบการณ์สอนฟิสิกส์ จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหาจากแบบบันทึกสะท้อนผล และแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเสร็จ ผู้วิจัยจะวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งหาวิธีการแก้ไขแล้วนำข้อมูลไปตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ส่วนแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนำมาวิเคราะห์เพื่อสะท้อนพัฒนาการสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนในวงจรที่ 1 และนำไปตอบคำถามวิจัยในข้อที่ 2

วงจรที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามผลการวิเคราะห์ในวงจรที่ 1 และจัดทำเครื่องมือเช่นเดียวกับวงจรที่ 1

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยใช้เวลา 3 คาบเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นการสังเกต

ผู้วิจัยได้สังเกตผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในขณะจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล

ผู้วิจัยวิเคราะห์การพัฒนาการสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนเช่นเดียวกับขั้นสะท้อนผลในวงจรที่ 1 และนำผลการวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 ต่อไป

วงจรที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามผลการวิเคราะห์ในวงจรที่ 2 และจัดทำเครื่องมือเช่นเดียวกับวงจรที่ 1

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น โดยใช้เวลา 3 คาบเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นการสังเกต

ผู้วิจัยได้สังเกตผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในขณะที่จัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล

ผู้วิจัยวิเคราะห์การพัฒนาการสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน เช่นเดียวกับขั้นสะท้อนผลในวงจรที่ 1 และนำผลการวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ที่ได้ มาสรุปเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาการสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

หลังจากเก็บข้อมูลในแต่ละวงจรปฏิบัติการแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นตามกรอบ การประเมินของ PISA 2015 จากนั้นนำมาวิเคราะห์พัฒนาการสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อสอบแบบเลือกตอบ นำคำตอบของนักเรียนไปเทียบเกณฑ์การประเมินของ PISA2015 ข้อสอบแบบเลือกตอบ ตัวเลือกแต่ละข้อ จะแบ่งเป็นระดับ 4 ระดับ เทียบเกณฑ์การประเมินของ PISA2015 และส่วนที่ 2 ข้อสอบแบบเขียนตอบ จะวิเคราะห์คำตอบเทียบเกณฑ์การประเมินของ PISA2015 ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับสูง ให้ 3 คะแนน ระดับกลาง ให้ 2 คะแนน ระดับต่ำ ให้ 1 คะแนน และไม่มี ให้ 0 คะแนน แล้วตรวจให้คะแนนแต่ละสมรรถนะย่อย และสรุปผลออกมา แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย
2. แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ และแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในส่วนของเขียนบรรยายลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียน ที่มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) มีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้
 - 2.1 อ่านเนื้อหา วิเคราะห์และตีความจากแบบบันทึกสะท้อนผล

2.2 การใส่รหัสข้อมูล เพื่อจัดกลุ่มข้อความจากแบบบันทึกสะท้อนผลตามขั้นตอน การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทั้ง 6 ขั้นตอน

2.3 จากนั้นแสดงข้อมูล นำข้อมูลที่เข้ารหัสด้วยกันมารวมอยู่ในกลุ่มเดียวกันมาจัดกลุ่ม และลงข้อสรุป โดยต้องระบุถึงรายละเอียดของวัน เวลา ตำแหน่งของข้อมูล

2.4 ทำการสรุปเพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ สรุปผลออกมาเป็นความเรียง เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้

ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การตรวจสอบความน่าเชื่อถือ (Credibility) โดยการตรวจสอบ แบบสามเส้า (Triangulation) ทั้ง 2 วิธี คือ การตรวจสอบแบบสามเส้าด้านการใช้เครื่องมือ (Method Triangulation) และการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Resource Triangulation) และยังใช้การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านการใช้เครื่องมือ จากงานวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือ ในการศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียน 2 เครื่องมือ คือ แบบสังเกต สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ที่พัฒนาขึ้นตามกรอบการประเมินของ PISA 2015 เพื่อตรวจสอบว่าไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

2. วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล จากงานวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้แบบสะท้อน ผลการจัดการเรียนรู้จากผู้ให้ข้อมูล 2 แหล่ง ได้แก่ ครูที่มีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์และผู้วิจัย ในการรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ มีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่า ไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

3. วิธีการตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลให้ ผู้เชี่ยวชาญหรืออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบว่าดำเนินการไปได้อย่างถูกต้องตาม หลักการ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาวิธีการและผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพในสองส่วน คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งข้อมูลวิจัยได้จาก แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ใบกิจกรรม และแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้เป็นวงจรปฏิบัติการทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการ โดยในส่วนท้ายของแต่ละวงจรปฏิบัติการจะทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ จากแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตว่า ควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมหรือปรับปรุงส่วนใดบ้าง จากนั้นจะทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไปเมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการทั้ง 3

1.1 ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์)

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วันที่ 6-13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ตั้งแต่เวลา 09.30 น.–11.30 น. และ 12.55 น.–13.55 น. ผลการปฏิบัติในแต่ละขั้นของวงจรปฏิบัติการแสดงดังนี้

ขั้นวางแผน (Plan : P)

ในขั้นการวางแผนดำเนินการ เนื่องจากผู้วิจัยต้องการที่จะให้ผู้เรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือสูงขึ้นไปจึงได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม จึงจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้และสื่อการสอนที่จัดทำขึ้นเสนอต่ออาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ทำการตรวจสอบและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมในการใช้ในห้องเรียนจริง ซึ่งจากการพูดคุยกับอาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์พบว่าอาจารย์ได้ให้คำแนะนำในส่วนของสมการทางฟิสิกส์ที่ต้องคำนึงถึงปริมาณทางฟิสิกส์และการใช้ขนาดตัวอักษรในสมการ รวมทั้งหน่วยที่ใช้ในการหาค่าต่างๆ ควรอยู่ในระบบเดียวกัน และผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้และสื่อการสอนที่จัดทำขึ้นเสนอต่ออาจารย์ภาควิชาการศึกษาทำการตรวจสอบและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมในการใช้ในห้องเรียนจริง ซึ่งจากการพูดคุยกับอาจารย์ภาควิชาการศึกษาพบว่าอาจารย์ได้ให้คำแนะนำในส่วนของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ควรให้ชัดเจนว่าแต่ละขั้นตอนต้องการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาในสมรรถนะย่อยข้อใด ในส่วนของเงื่อนไขสถานการณ์ควรให้นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ในการช่วยกันทำกิจกรรมให้ชัดเจน และผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้และสื่อการสอนที่จัดทำขึ้นเสนอต่อครูผู้ร่วมสังเกตทำการตรวจสอบและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมในการใช้ในห้องเรียนจริง ซึ่งจากการพูดคุยกับครูผู้ร่วมสังเกตพบว่าครูผู้ร่วมสังเกตได้ให้คำแนะนำในส่วนของสถานการณ์ควรเป็นสถานการณ์ที่ใหม่เป็นที่สนใจ เนื่องจากผู้วิจัยยังเลือกสถานการณ์ที่ยังไม่น่าทันสมัย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำคำแนะนำกลับไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้รวมถึงการปรับปรุงในส่วนของสาระกิตติคำขนาดตัวอักษรและสมการทางฟิสิกส์ในแผนการจัดการเรียนรู้และสื่อการสอนที่ผู้เกี่ยวข้องแต่ละท่านได้ให้คำแนะนำ

ขั้นปฏิบัติ (Act : A)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดทำขึ้น โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้พบว่า มีนักเรียนบางคนมีอาการเหม่อและไม่มีความกระตือรือร้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการกระตุ้นความสนใจด้วยการตั้งคำถามและให้นักเรียนตอบคำถามมากขึ้น เช่น จากการดูคลิปที่ครูเปิดให้ดูเป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับอะไร จะแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร และคำถามที่เกี่ยวข้องคล้อยกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และมีนักเรียนบางคนไม่กล้าที่จะตอบคำถาม ใช้เวลาในการคิดนาน ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนช่วยกันคิดคำตอบเป็นกลุ่ม และในส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนนั้นพบว่าไม่เป็นไปตามที่วางแผนไว้ ดังนั้นผู้วิจัยได้มีการปรับ

ระยะเวลาให้มีความยืดหยุ่นตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น แต่ไม่ได้แตกต่างจากแผนที่วางไว้ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนทั้ง 6 ขั้นตอน พบว่า สามารถทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้เป็นอย่างดีในระดับน่าพอใจ โดยเฉพาะในขั้นการวางแผนขั้นการสร้าง รวมทั้งขั้นการทดสอบ นักเรียนให้ความสนใจและตั้งใจในการช่วยกันเพื่อให้กลุ่มประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาเป็นอย่างดี

ขั้นสังเกต (Observe : O)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการสังเกตการจัดการเรียนรู้ร่วมกับครูผู้ร่วมสังเกต เพื่อสังเกตว่าแต่ละขั้นตอนมีปัญหาหรือควรปรับปรุงอย่างไร รวมถึงสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีผลมาจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน โดยการบันทึกการสะท้อนผลในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ ในภายหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

ขั้นสะท้อนผล (Reflect : R)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ในวงจรปฏิบัติการต่อไป โดยสะท้อนผลในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้และจากเครื่องมือวิจัย คือ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ขั้นถาม (Ask) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องร่วมกันระบุปัญหาโดยอาศัยประสบการณ์ความรู้เดิมที่เคยพบในชีวิตประจำวัน ของสภาพปัญหาจากสถานการณ์ เรื่อง สถานการณ์ไฟฟ้าในออสเตรเลีย นักเรียนจะต้องออกแบบเครื่องยิงลูกโป่งน้ำมาช่วยให้การดับเพลิงเพื่อความปลอดภัยต่อเจ้าหน้าที่ โดยใช้ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและข้อจำกัดที่ต้องปฏิบัติตาม ที่ต้องพิจารณา รวมทั้งต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบวิธีการแก้ปัญหาหลัก ซึ่งจากการที่ใช้สถานการณ์ปัญหาไฟฟ้าในออสเตรเลีย ที่เป็นข่าวที่ทันสมัยมากระตุ้นทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ แต่พบว่านักเรียนบางกลุ่มยังไม่สามารถระบุปัญหาและยังหาแนวทางแก้ปัญหาไม่ค่อยได้ หรือยังเป็นแนวทางแก้ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย เช่น ใช้เครื่องดับไฟ ซึ่งผู้วิจัยจึงต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้น ให้นักเรียนตอบคำถามแคบลงและมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถสร้างชิ้นงานที่สามารถช่วยแก้ปัญหาได้ ดังกล่าวได้และได้ทบทวนเหตุการณ์ในสถานการณ์ที่ยกมา และเพิ่มเติมเงื่อนไขในคำถามที่เกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหา และในการแบ่งหน้าที่ตามเงื่อนไขที่กำหนดพบว่ามีบางกลุ่มแบ่งโดยจับฉลาก ไม่ได้คำนึงถึงความสามารถของแต่ละคนภายในกลุ่ม บางกลุ่มแบ่งตามความคิดของใครคนใดคนหนึ่ง (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2563) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เข้า

ไปสอบถามว่ามีการแบ่งหน้าที่ในการทำงานด้วยวิธีดังกล่าวว่ามีข้อดีหรือไม่อย่างไรจากนั้นทำความเข้าใจเกี่ยวกับการแบ่งหน้าที่ในการทำกิจกรรมกลุ่มที่ถูกต้องและเหมาะสมกับนักเรียน คือ นักเรียนต้องแบ่งหน้าที่ให้เหมาะสมกับความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม เพราะในการทำงานเป็นทีมในชีวิตจริงถ้านักเรียนได้รับมอบหมายงานจากหัวหน้าทีม แต่ทีมของเราแบ่งหน้าที่โดยการจับฉลากไม่ได้แบ่งตามความสามารถที่แต่ละคนถนัดก็จะทำให้เราไม่ยอมทำหน้าที่ที่ได้รับและงานที่ได้อาจจะขาดประสิทธิภาพ

ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่าควรใช้สถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน และควรชี้แจงอธิบาย การทำงานร่วมกันภายในกลุ่มก่อนเริ่มกิจกรรม ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต

1.2 ปัญหาและอุปสรรค
 - 9 คนแบ่งหน้าที่กันทำโจทย์ที่ 1 ทุกรูปปัญหา ซึ่งไม่หลากหลาย หลุดทางแก้ปัญห
 ง่าย
 - ไม่ร่วมกัน แสดงความคิดเห็น เกี่ยวกับ ทุกรูปปัญหา แต่ละคนทำคนเดียว
 - หักเรื่องแบ่ง หน้าที่โดยตรจับฉลาก กับ ความสัมพันธ์ของคนเอง

ภาพ 15 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

1.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

ควรใช้สถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน และควรชี้แจงอธิบายก่อน
 เริ่มทำโจทย์ให้กลุ่มก่อนเริ่ม กิจกรรม

ภาพ 16 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

(2) ชั้นจินตนาการ (Imagine) หลังจากผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหา
 ย่อยได้แล้ว ขั้นนี้นักเรียนระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้
 อย่างเป็นระบบเพื่อตอบประเด็นที่สงสัย โดยผ่านการใช้จากโปรแกรม <https://phet.colorado.edu> ที่เป็น
 โปรแกรมการทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แล้วให้นักเรียนบันทึก
 ลงไปในกิจกรรม โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับ
 เงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไข
 ปัญหา จากขั้นตอนนี้

พบว่านักเรียนส่วนใหญ่กระตือรือร้นในค้นคว้าหาความรู้ในการตอบประเด็นที่แต่ละกลุ่มสงสัยเป็นอย่างดี แต่ปัญหาที่พบคือนักเรียนบางกลุ่มยังไม่ค่อยเข้าใจฟังก์ชันการใช้งานของโปรแกรมการทดลอง <https://phet.colorado.edu> บางกลุ่มมีแนวคิดที่ผิดในการที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2563) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เข้าไปอธิบายทบทวนฟังก์ชันการใช้งานของโปรแกรมเพิ่มเติม ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่าควรอธิบายฟังก์ชันในโปรแกรมการทดลองให้ชัดเจน และควรกระตุ้นให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตดังนี้

2.2 ปัญหาและอุปสรรค
 - นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจฟังก์ชันการใช้งานโปรแกรมการทดลอง
 - นักเรียนบางกลุ่มยังไม่ค่อยเข้าใจฟังก์ชันการใช้งานโปรแกรมการทดลอง

ภาพ 17 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ขออธิบายฟังก์ชันในโปรแกรมการทดลอง ให้ชัดเจน และ
 อธิบายจุดที่ให้นักเรียนเข้าใจแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน

ภาพ 18 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ของผู้ร่วมสังเกตแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์



ภาพ 19 นักเรียนร่วมกันทำการทดลองจากโปรแกรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

(3) **ขั้นวางแผน (Plan)** เป็นขั้นที่นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 2-3 รายการ คือ การนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ได้รวบรวม วิเคราะห์ ตัดสินทางเลือก จากนั้นร่วมกันระดมความคิดแนวทางที่ดีที่สุดเป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์และสร้างภาพร่างการออกแบบแนวคิดที่เป็นไปได้และที่ดีที่สุดเป็นต้นแบบ 1 แนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาของกลุ่ม จากนั้นพบว่าสมาชิกของนักเรียนแต่ละกลุ่มยังขาดการวางแผนเป็นขั้นตอนในการสร้างเครื่องยิงดับเพลิงร่วมกัน ยังไม่มีการแบ่งหน้าที่กันทำงาน มีการพูดคุยเกี่ยวกับแนวคิด ข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหาอย่างมาก แนวคิดที่ได้เป็นแนวคิดของสมาชิกบางส่วนของกลุ่ม นอกจากนี้มีนักเรียนบ้างกลุ่มมีการพูดคุยเกี่ยวแนวคิดในการแก้ปัญหา เกิดความไม่มั่นใจในการแสดงความคิดเห็นและหลักการที่ได้ (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2563) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเข้าไปให้คำแนะนำและอธิบายถึงหลักการกับนักเรียนกลุ่มดังกล่าวอย่างใกล้ชิดว่ามีความเป็นมาอย่างไร ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่าควรให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน โดยครูเข้าไปถามนักเรียนว่ามีขั้นตอนอย่างไรในการแก้ปัญหา ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้

3.2 ปัญหาและอุปสรรค

- นักเรียนมีการพูดคุยเกี่ยวกับแนวทางที่แก้ไขปัญหาน้อยมาก บางกลุ่มก็ยังไม่แสดงความคิดเห็นของสมาชิกบางส่วน - มีสมาชิกในกลุ่มไม่มั่นใจในแนวคิด

ภาพ 20 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

3.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

ควรให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน และครูเข้าไปถามนักเรียนว่ามีขั้นตอนอย่างไรในการแก้ปัญหา

ภาพ 21 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกตแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

(4) **ขั้นสร้าง (Create)** ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องสร้างเครื่องยิงลูกโป่งน้ำที่เป็นรูปแบบที่ดีที่สุดของกลุ่ม ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบที่กำหนด และตามภาพร่างที่กลุ่มออกแบบ และจะต้องออกมาเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ ที่แต่ละกลุ่มได้วางแผนไว้ พบว่าเมื่อให้เวลานักเรียนในการรับวัสดุอุปกรณ์น้อยไปทำให้เกิดความวุ่นวาย ทางผู้วิจัยจึงเพิ่มเวลาในการรับวัสดุอุปกรณ์มากขึ้นและใน

การทดสอบ และมีนักเรียนบางกลุ่มมีแนวทางการทดสอบที่ผิด ใช้วิธีการยิงที่ผิดในการจะยิงลูกโป่ง น้ำทำให้แตกก่อนที่จะไปตกยังตำแหน่งเป้าหมาย มีนักเรียนบางกลุ่มไม่สนใจการทดสอบของเพื่อน กลุ่มอื่น (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2563) ผู้วิจัยจึงเข้าไปให้คำแนะนำในการทดสอบ และทบทวนกติกาในการทดสอบ ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่าควรให้นักเรียนได้ทดลองก่อน ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

- นักเรียนบางกลุ่มวิธีการทดสอบที่ผิด เช่น ยิงเครื่องยิงผิด

ภาพ 24 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ครูใช้ให้นักเรียนได้ทดลองยิงก่อน

ภาพ 25 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์



ภาพ 26 การทดสอบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยิงดับเพลิง

(6) ขั้นปรับปรุง (Improve) ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องนำผลที่ได้จากการทดสอบไปปรับปรุงการออกแบบ และระบุนการเปลี่ยนแปลงที่นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการปรับแก้ไข แล้วทำการทดสอบการยิงลูกโป่งน้ำอีก 1 รอบ และหลังจากนั้นแต่ละกลุ่มต้องออกมานำเสนอผลจากการปรับแก้ไขของแต่ละกลุ่ม ว่าปรับปรุงแล้วดีขึ้นเพราะอะไร มีอะไรที่คิดว่าเป็นจุดอ่อนของชิ้นงานของกลุ่ม พบว่า เวลามีน้อยที่จะให้ทุกกลุ่มออกมานำเสนอ ผู้วิจัยจึงให้กลุ่มที่ประสบความสำเร็จใน

การออกแบบออกมานำเสนอ และส่งกลุ่มอื่นออกมานำเสนออีก 2 กลุ่ม (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2563) ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่าควรให้นักเรียนได้ทดลองยิงเครื่องยิงก่อน ควรจำกัดเวลาในการสร้าง เนื้อหาสถานการณ์ในใบกิจกรรมยาว ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

- นักเรียนบางกลุ่มปรับปรุงยังไม่ดี
- เวลาในการให้เสนอ ผลการปรับปรุงยังไม่ค่อย

ภาพ 27 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

6. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

- ควรลดเวลาในการสร้างเครื่องยิง
- ควรจำกัดเวลาให้แต่ละกลุ่มให้เหมาะสม
- เพื่อหาสถานการณ์ในใบกิจกรรมยาวเกินไป ควรสรุป

ภาพ 28 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

จากการสะท้อนผลของครูผู้ร่วมสังเกตและผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ สถานการณ์ที่ใช้มีความทันสมัย แต่สิ่งที่ควรปรับปรุง คือ เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนยังแบ่งในสัดส่วนที่ยังไม่เหมาะสม ให้เวลาในการสร้างแบบจำลองเครื่องยิงมากเกินไป ควรจัดเวลาในแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสมกับกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำ ในขั้นที่ใช้เวลามากเกินไป ก่อนเริ่มผู้วิจัยควรชี้แจงเรื่องเวลาให้กับนักเรียนให้ชัดเจน เนื้อหาเกี่ยวกับสถานการณ์ในใบกิจกรรมยาวเกินไปทำให้นักเรียนบางกลุ่มไม่สนใจที่จะอ่าน ควรสรุปให้เหมาะสมกับผู้เรียน และในขั้นตอนการจินตนาการที่เป็นการทดลองในเว็บไซค์นักเรียนยังไม่เข้าใจระบบ ควรมีการอธิบายระบบให้กับนักเรียนให้ชัดเจนก่อนเริ่มลงมือปฏิบัติ

นอกจากนั้นจากการที่ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้พบว่า ในชั้นถามเพื่อระบุนิยหานักเรียนร่วมกันระบุนิยหา มีนักเรียนบ้างกลุ่มไม่เข้าใจปัญหาในสถานการณ์ ผู้วิจัยจึงเข้าไปให้คำแนะนำ ชั้นจินตนาการ ชั้นนี้นักเรียนระดมสมองหาคำตอบและ

แนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้โดยใช้การทดลองผ่านโปรแกรม พบว่านักเรียนทุกคนทำได้ดีในเรื่องการทดลองแต่มีบ้างกลุ่มที่ยังไม่เข้าใจฟังก์ชันในโปรแกรม และนักเรียนมีการโต้แย้งและแลกเปลี่ยนความรู้เกี่ยวกับแนวคิดในการสร้างเครื่องยิงกับเพื่อนในกลุ่มในระดับที่น่าพอใจแต่มีบางคนที่ไม่กล้าแสดงออก ในการนำเสนอผลการทดลองพบ นักเรียนพูดเสียงเบา ไม่ค่อยมั่นใจ

สวชนบทบาทในการให้คำแนะนำและช่วยเหลือให้แก่ผู้เรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และความรู้เนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์นั้น ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีปัญหาในการจัดการเรียนรู้ในหลายๆ ด้าน เช่น การระบุปัญหาจากสถานการณ์ไฟฟ้าที่ออสเตรเลีย การแบ่งหน้าที่ในการดำเนินการแก้ปัญหา การพูดคุยในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม การนำเสนอผลการทดลอง เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีส่วนช่วยให้คำแนะนำและช่วยเหลือนักเรียนให้การจัดการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นไปตามแผนที่วางไว้และสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ไปพร้อมกัน ได้แก่ การที่ผู้วิจัยเข้าไปดูแลและให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิดในแต่ละกลุ่มในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ การช่วยให้คำแนะนำและการบอกถึงความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่ม การตรวจสอบผลการทดลอง การสร้างชิ้นงานให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด มีการกระตุ้นนักเรียนให้ทำงานตามเวลาที่กำหนด รวมทั้งการกระตุ้นนักเรียนให้มีการร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและร่วมกันอภิปราย แนะนำกระบวนการทดลองเพื่อให้ถูกต้องและเหมาะสม เป็นต้น จะเห็นว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นั้นนักเรียนยังไม่สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและความรู้อย่างเต็มศักยภาพด้วยตนเองเท่าที่ควร ดังนั้นผู้วิจัยถือว่ามีส่วนช่วยในการสนับสนุนให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและองค์ความรู้ได้เป็นอย่างดี

การดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากการปฏิบัติตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตั้งแต่การวางแผน ปฏิบัติ สังเกต และขั้นตอนสุดท้ายคือการสะท้อนผล ได้ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไขปรับปรุงที่ผู้วิจัยจะนำไปปรับปรุงในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 สรุปได้ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงประเด็นที่พบและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอน การจัด การเรียนรู้	ประเด็นที่พบ	แนวทางแก้ไข
ขั้นถาม (Ask)	สถานการณ์ปัญหาไฟป่าในออสเตรเลีย ที่เป็นข่าวที่ทันสมัยมากระตุ้นทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ แต่พบว่านักเรียนบ้างกลุ่มยังไม่สามารถระบุปัญหาและยังหาแนวทางแก้ปัญหาไม่ค่อยได้ หรือยังเป็นแนวทางแก้ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย เช่น ใช้เครื่องบินดับไฟ นักเรียนไม่ค่อยแสดงความคิดเห็นรวมกันในการระบุปัญหา	ครูควรให้นักเรียนได้แบ่งหน้าที่ก่อนเริ่มกิจกรรม และใช้สถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคย ควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และได้ทบทวนเหตุการณ์ในสถานการณ์ที่ยกมา ให้นักเรียนแยกกันระบุปัญหา หลังจากนั้นรวมกันอภิปรายปัญหารวมกัน
ขั้นจินตนาการ (Imagine)	- ปัญหาที่พบคือนักเรียนบ้างกลุ่มยังไม่ค่อยเข้าใจฟังก์ชันการใช้งานของโปรแกรมการทดลอง https://phet.colorado.edu - มีนักเรียนบ้างกลุ่มมีแนวคิดที่คาดเคลื่อนในการที่จะนำไปใช้ในการสร้างเครื่องยิงดับเพลิง	- ผู้วิจัยควรไปอธิบายทบทวนฟังก์ชันการใช้งานของโปรแกรมเพิ่มเติมหรืออาจใช้การอธิบายเพิ่มเติมในใบกิจกรรม - ให้นักเรียนออกมานำเสนอแนวคิดที่ได้จากการทดลองของแต่ละกลุ่ม
ขั้นวางแผน (Plan)	นักเรียนแต่ละกลุ่มส่วนใหญ่ยังขาดการวางแผนที่เป็นขั้นตอนในการสร้างเครื่องยิงดับเพลิงร่วมกัน ยังไม่มีการแบ่งหน้าที่ในการทำงาน	ผู้วิจัยควรให้คำแนะนำ เพิ่มข้อคำถามให้นักเรียนร่วมกันออกแบบขั้นตอนการสร้างลงในใบกิจกรรม
ขั้นสร้าง (Create)	- พบว่าเมื่อให้เวลานักเรียนในการรับวัสดุอุปกรณ์น้อยเกินไปทำให้เกิดความวุ่นวาย - ในระหว่างการสร้างพบว่านักเรียนบางกลุ่มนำวัสดุอุปกรณ์ที่กลุ่มพกดัดตัวมาเป็นวัสดุในการสร้าง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างไม่เพียงพอทำให้นักเรียนต้องรอใช้อุปกรณ์จากกลุ่มอื่น - มีบางกลุ่มมีแนวคิดที่สร้างออกมาไม่ตรงกัน และปรับเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่ตรงกับ	- ผู้วิจัยควรเพิ่มเวลาในการรับวัสดุอุปกรณ์มากขึ้นตามความเหมาะสมของชิ้นงาน - ควรเตรียมอุปกรณ์ในการสร้างให้เพียงพอต่อนักเรียน - ผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหา ร่วมกันก่อน หากไม่บรรลุเป้าหมาย จึง

ตาราง 6 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัด การเรียนรู้	ประเด็นที่พบ	แนวทางแก้ไข
ขั้นสร้าง (Create) (ต่อ)	แบบร่าง	เข้าไปช่วยชี้แจงให้กลุ่มดังกล่าวเข้าใจ ว่า การสร้างต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่ กำหนด
ขั้นการทดสอบ (Experiment)	- พบว่าพื้นที่ในการที่จะให้นักเรียนยิงไม่ เพียงพอ บ้างกลุ่มลูกโป่งตกไกล จึงต้องเปลี่ยน พื้นที่ในการทดสอบ และมีนักเรียนบางกลุ่มมี แนวทางการทดสอบที่ผิด ใช้วิธีการยิงที่ผิดใน การจะยิงลูกโป่งน้ำทำให้แตกก่อนที่จะไปตก ยังตำแหน่งเป้าหมาย - มีนักเรียนบ้างกลุ่มไม่สนใจการทดสอบของ เพื่อนกลุ่มอื่น เพราะปรับปรุงชิ้นงานตนเอง	- ผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้ลองทดสอบ การยิงก่อน ควรมหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้ ทดสอบ - ครูควรให้นักเรียนทุกกลุ่มนำเครื่องยิง มาไว้ที่หน้าชั้นเรียน
ขั้นปรับปรุง (Improve)	พบว่า เวลามีน้อยที่จะให้ทุกกลุ่มออกมา นำเสนอ	ผู้วิจัยควรสุ่มนักเรียนให้กลุ่มที่ประสบ ความสำเร็จในการออกแบบออกมา นำเสนอ และสุ่มกลุ่มอื่นออกมา นำเสนอ ควรจำกัดเวลาในการสร้าง

1.2 ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม)

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 วันที่ 19-20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ตั้งแต่เวลา 09.30 น.– 11.30 น. และ 12.55 น.– 13.55 น. ผลการปฏิบัติในแต่ละขั้นของวงจรปฏิบัติการแสดงดังนี้

ขั้นวางแผน (Plan : P)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ตามผลจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คือ การปรับเวลาในขั้นของการจินตนาการและขั้นการสร้างให้น้อยลง เนื่องจากสถานการณ์และแนวทางการแก้ไขปัญหาของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ไม่ซับซ้อนเกินไปดังนั้นไม่จำเป็นต้องให้เวลาในขั้นตอนนี้ดังกล่าวมาก

เกินไป นอกจากนั้นผู้วิจัยได้เพิ่มเติมเกี่ยวกับคำถามเหตุผลในการเลือกให้สมาชิกแต่ละคนมีบทบาทหน้าที่อะไร ในใบกิจกรรมเพื่อให้ง่ายต่อการสังเกต เพิ่มคำถามในใบกิจกรรมเกี่ยวกับการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหา เตรียมอุปกรณ์ที่จะให้นักเรียนได้สร้างชิ้นงานให้เพียงพอต่อ นักเรียน ให้นักเรียนได้ลองทดสอบก่อนเริ่มทดสอบจริง อธิบายกติกาการทดสอบให้ชัดเจนก่อนเริ่มการทดสอบ และนักเรียนจะได้แบ่งหน้าที่ตามความเหมาะสมของแต่ละคน รวมถึงการชี้แจงเกี่ยวกับการทำงานเป็นกลุ่มก่อนการเริ่มทำกิจกรรมเพื่อปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานของนักเรียน และสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ดียิ่งขึ้น

ขั้นปฏิบัติการ (Act : A)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดทำขึ้น โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นมากขึ้นเมื่อเทียบกับปฏิบัติการที่ 1 แต่ผู้วิจัยได้ทำการกระตุ้นความสนใจด้วยการตั้งคำถามและให้นักเรียนตอบคำถามเหมือนเดิม ไม่ว่าจะคำถามที่เกี่ยวกับการระบุปัญหา และหลักการการเคลื่อนที่แบบวงกลม หลักการทางคณิตศาสตร์ และผู้วิจัยให้นักเรียนช่วยกันคิดคำตอบเป็นกลุ่มเหมือนเดิม และในส่วนของจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้นั้นพบว่า เป็นไปตามที่วางแผนไว้มากขึ้น เพราะผู้วิจัยมีการชี้แจงเวลาให้กับนักเรียนก่อนการทำกิจกรรม และเนื่องจากสถานการณ์ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ไม่ซับซ้อนมากจึงสามารถจัดการเรียนรู้ตามแผนที่วางไว้ ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนทั้ง 6 ขั้นตอน พบว่า สามารถทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้เป็นอย่างดีในระดับน่าพอใจ โดยเฉพาะในขั้นการวางแผน ขั้นการสร้าง รวมทั้งขั้นการทดสอบ นักเรียนให้ความสนใจและตั้งใจในการช่วยกันเพื่อให้กลุ่มประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาเป็นอย่างดี

ขั้นสังเกต (Observe : O)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการสังเกตการจัดการเรียนรู้ร่วมกับครูผู้ร่วมสังเกตเพื่อสังเกตว่าแต่ละขั้นตอนมีปัญหาหรือควรปรับปรุงอย่างไร รวมถึงสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีผลมาจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน โดยการบันทึกการสะท้อนผลในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ ในภายหลังจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั่วโมงจนเสร็จ

ขั้นสะท้อนผล (Reflect : R)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ใน

วงจรปฏิบัติการต่อไป โดยสะท้อนผลในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้และจากเครื่องมือวิจัย คือ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ชั้นถาม (Ask) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องร่วมกันระบุปัญหาโดยอาศัยประสบการณ์ความรู้เดิมที่เคยพบในชีวิตประจำวัน ของสภาพปัญหาจากสถานการณ์ เรื่องข่าวกีฬา การขว่างไกล ที่ให้การหมุนเชือกให้เป็นวงกลมแล้วสามารถยกลูกเหล็กหนักขึ้นมาได้แล้วขว่างออกไป ซึ่งนักเรียนจะต้องออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยยกของให้ได้มากที่สุด โดยไม่สัมผัสกับวัตถุนั้น มาช่วยให้การขนของตามระยะทางที่กำหนด โดยใช้ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและข้อจำกัดที่ต้องปฏิบัติตาม ที่ต้องพิจารณา ซึ่งจากการที่ใช้สถานการณ์ปัญหาดังกล่าวพบว่านักเรียนไม่สามารถระบุปัญหา และหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ จากการสนทนาระหว่างนักเรียนกับผู้วิจัยในระหว่างจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน มีนักเรียนบางส่วนเห็นว่าสถานการณ์ปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้เป็นสิ่งที่ไม่น่าสนใจ สังเกตจากที่นักเรียนมีบางส่วนคุยกัน และอาจจะเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2563) ผู้วิจัยจึงต้องให้การอธิบายปัญหามากขึ้น ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตดังนี้

1.2 ปัญหาและอุปสรรค

- มีนักเรียนบอก "สถานการณ์ไม่ค่อยน่าสนใจ น่าเบื่อ"
- นักเรียนมีพฤติกรรมดื้อไม่สนใจกว่า วงจรที่ 1

ภาพ 29 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

1.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

สถานการณ์ที่ไม่น่าสนใจ น่าเบื่อ จึงทำให้นักเรียนตั้งใจเรียน (22/2/63)
สังเกตเวลาที่นักเรียนไม่สนใจเรียน

ภาพ 30 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

(2) ชั้นจินตนาการ (Imagine) หลังจากนักเรียนทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหาได้แล้ว ขั้นนี้นักเรียนจะต้องระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้

อย่างมีระบบเพื่อตอบประเด็นที่สงสัย โดยผ่านการทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม แล้วให้นักเรียนบันทึกลงในใบกิจกรรม โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหามาจากขั้นตอนนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่กระตือรือร้นในทดลอง นักเรียนมีความเข้าใจวิธีการทดลองมากขึ้นเนื่องจากเป็นการทดลองที่ไม่ซับซ้อน มีนักเรียนบ้างกลุ่มเลือกวิธีการทดลองที่ยากเกินไป ผู้วิจัยจึงให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้การทดลองง่ายขึ้น ในการนำเสนอแนวคิดที่ได้จากการทดลองพบว่านักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่ได้จากการทดลองมากขึ้น แต่ยังมีแนวคิดเรื่องชนิดของเชือกมีผลต่อความถี่และคาบของการเคลื่อนที่แบบวงกลมซึ่งนักเรียนได้เลือกใช้เชือกเพียงชนิดเดียว (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2563) ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่าควรให้อิสระกับนักเรียนในการออกแบบการทดลองและการบันทึกผลการทดลอง ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตดังนี้

2.2 ปัญหาและอุปสรรค

- นักเรียนมีความเข้าใจการทดลอง

- มีบางกลุ่ม เลือกขั้นตอนการทดลองยากเกินไป

ภาพ 31 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

2.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

ควรใช้สื่อช่วย กับ แก้ไขข้อสงสัย ในการทดลอง และให้คำแนะนำ การสังเกต และ บันทึกผลการทดลอง

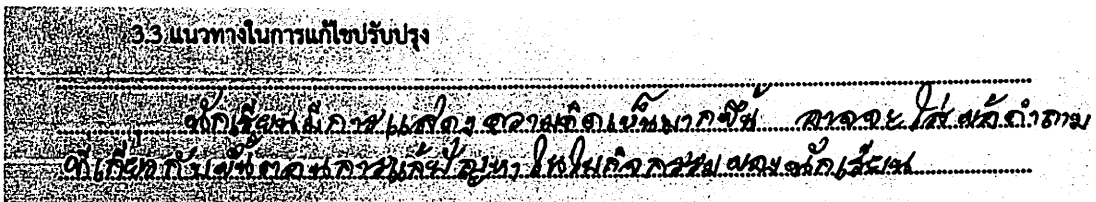
ภาพ 32 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

(3) ชั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 2-3 รายการ คือ การนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ได้รวบรวม วิเคราะห์ ตัดสินทางเลือก จากนั้นร่วมกันระดมความคิดแนวทางที่ดีที่สุดเป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์และสร้างภาพร่างการออกแบบแนวคิดที่เป็นไปได้และที่ดีที่สุดเป็นต้นแบบ 1 แนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหากลุ่ม จากขั้นตอนนี้พบว่าสมาชิกของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการพูดคุยเกี่ยวกับแนวคิด ข้อสรุปของวิธี

การแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น มีการวางแผนขั้นตอนการแก้ปัญหามากขึ้น (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้อของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563) เนื่องจากผู้วิจัยได้ใช้คำถามในใบกิจกรรม และให้นักเรียนออกมานำเสนอผลการทดลองที่ได้ ทำให้ได้แนวคิดหรือแบบร่างที่ได้เป็นแนวคิดที่ได้จากการพูดคุยกันและลงข้อสรุปเป็นแนวคิดของกลุ่ม แต่ในการเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาพบว่า มีบางกลุ่มอธิบายขั้นตอนยังไม่สอดคล้องกับแนวการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่านักเรียนมีการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น อาจจะใส่ข้อความที่เกี่ยวกับขั้นตอนการแก้ปัญหาในใบกิจกรรมของนักเรียนที่ให้นักเรียนได้สรุปเป็นข้อ ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้อของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้

- นักเรียนมีการบอกกับเพื่อนๆ
เกี่ยวกับแนวคิด

ภาพ 33 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้อของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้อที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม



ภาพ 34 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้อของครูผู้ร่วมสังเกต
แผนการจัดการเรียนรู้อที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

(4) ขั้นสร้าง (Create) ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องสร้างอุปกรณ์ที่ช่วยในการชนของที่ดีที่สุดของกลุ่ม ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบที่กำหนด และตามภาพร่างที่กลุ่มออกแบบ จะต้องออกมาเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ ที่แต่ละกลุ่มได้วางแผนไว้ พบว่าเมื่อให้เวลานักเรียนในการรับวัสดุอุปกรณ์มีความเหมาะสมมากขึ้น เนื่องจากวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างของแผนจัดการเรียนรู้อที่ 2 มีไม่มาก ในขณะที่ทำการสร้างอุปกรณ์นักเรียนเริ่มสร้างได้ตามที่วาดภาพร่างการออกแบบมากขึ้น เนื่องจากอุปกรณ์ที่สร้างไม่ค่อยมีความซับซ้อนจนเกินไป นักเรียนมีการแบ่งงานกันทำมากขึ้น จะเห็นได้จากเวลาที่ใช้ในการทำงานตรงตามที่คุณวิจัยกำหนด แต่ในการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการชนของนักเรียนส่วนใหญ่เลือกรูปแบบการสร้างชิ้นงานที่เหมือนกัน และพบว่านักเรียนไม่ค่อยร่วมมือในการสร้างมีบางคนทำงานวิชาอื่น (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้อของผู้วิจัย วันที่ 20 กุมภาพันธ์

2563) ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่าควรให้นักเรียนได้ตกแต่งชิ้นงานเพิ่มหรือเพิ่มความซับซ้อนของชิ้นงาน ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้

4.2 ปัญหาและอุปสรรค

- เวลาที่ให้นักเรียนในการรับอุปกรณ์ในตารางแบบและ

- นักเรียนมีภาระงานกันมาก

ภาพ 35 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

4.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

ควรให้นักเรียนได้ตกแต่งชิ้นงานเพิ่มเติมหรือเพิ่มความซับซ้อนของชิ้นงาน

ภาพ 36 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

(5) ขั้นการทดสอบ (Experiment) ในขั้นนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินวิธีการแก้ปัญหาจากการทดสอบอุปกรณ์ที่ช่วยยกของกลุ่ม จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มตัวเองและจากกลุ่มอื่น ผู้วิจัยได้พยายามถามนักเรียนหลายๆ กลุ่มว่าทำไมถึงเลือกรูปแบบนี้ มีเหตุผลอะไรที่เลือกวิธีการแก้ปัญหา เพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลเพื่อหาแนวทางการปรับปรุง ในระหว่างการทดสอบนักเรียนต้องสรุปว่าอุปกรณ์ของกลุ่มมีจุดแข็งและจุดอ่อนของการออกแบบอย่างไรบ้าง เพื่อหาแนวทางแก้ไขจุดอ่อนนั้น การทดสอบใช้การแข่งขัน พบว่านักเรียนมีความสุขสนุกสนานมากขึ้น และคิดที่จะหาวิธีที่จะทำให้กลุ่มชนะ และพบว่ามีนักเรียนบางกลุ่มมีแนวทางการทดสอบที่ผิด ไม่เป็นไปตามข้อตกลง (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563) ผู้วิจัยจึงเข้าไปให้คำแนะนำในการทดสอบ และทบทวนกติกาในการทดสอบให้ชัดเจน ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่าควรให้นักเรียนทบทวนกติกาในการแข่งขัน ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

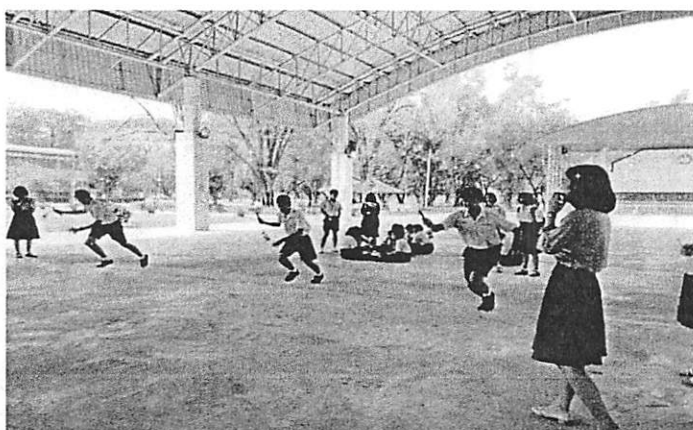
- นักเรียนบางกลุ่มทำผิดทรงสอง หรือผิดกติกาตลอด

ภาพ 37 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

5.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

ครูได้ให้นักเรียนทดลองทำซ้ำในคาบต่อไป

ภาพ 38 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม



ภาพ 39 การทดสอบของนักเรียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2
เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

(6) ขั้นปรับปรุง (Improve) ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องนำผลที่ได้จากการทดสอบไปปรับปรุงการออกแบบ และระบุนการเปลี่ยนแปลงที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะทำและปรับการแก้ไขโดยออกมาอภิปรายและนำเสนอของแต่ละกลุ่ม พบว่าส่วนใหญ่ปรับปรุงแล้วดีขึ้นกว่าเดิม มีบางกลุ่มที่ไม่ดีขึ้น จึงให้นักเรียนกลุ่มดังกล่าวหาเหตุผลว่าทำไมจึงไม่ดีขึ้น และผู้วิจัยได้ให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่พูดถึงแนวคิดหรือความรู้ที่ได้จากการสร้างอุปกรณ์ของ(แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัย วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563) ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่าควรชี้แจงกติกา และเพิ่มคำถามลงในใบกิจกรรม เกี่ยวกับการให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับ STEM ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้

6. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

- ควรใช้สมการการแก้ที่ซับซ้อนกว่านี้ หรือ ข้อสังเกตการแก้ที่ซับซ้อน

ภาพ 40 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

6. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

- ควรใช้สื่อการศึกษาให้หลากหลายสื่อให้ชัดเจน

- ควรเพิ่มข้อสังเกตการแก้ในบางจุดที่ควรได้สังเกตให้มากขึ้น โดยเฉพาะเกี่ยวกับ STEM

ภาพ 41 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม

จากการสัมภาษณ์นักเรียนหลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่น่าสนใจ ปัญหาสถานการณ์ที่แปลกใหม่ และต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลม รวมทั้งปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่เรียนมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และความคิดเห็นของนักเรียนต่อครูผู้สอน นักเรียนมีความคิดเห็นว่าการสอนของครูในภาพรวมคืออยู่แล้ว ไม่ว่าจะเป็นการถามตอบนักเรียนและการอธิบายในขณะที่นักเรียนไม่เข้าใจ แต่สิ่งที่อยากให้ปรับปรุง คือ การตรวจสอบความถูกต้องของการเรียบเรียงเนื้อหาของสื่อการสอนให้ดี

จากการสะท้อนผลของครูผู้ร่วมสังเกตและผู้วิจัยโดยการบันทึกข้อความลงในแบบบันทึกการสังเกตการจัดการเรียนรู้พบว่า การจัดการเรียนรู้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ แต่ควรปรับปรุงเรื่องของสถานการณ์ควรมีความซับซ้อนกว่านี้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะคือ ควรมีการชี้แจงกติกาในการทดสอบให้ชัดเจนกว่านี้

นอกจากนี้จากการที่ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้พบว่าการระบุปัญหาและการหาแนวทางแก้ไขของนักเรียนนั้นสามารถทำได้ดีขึ้น และนักเรียนเริ่มมีการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น นอกจากนั้นขั้นตอนนี้นักเรียนได้มีการแบ่งหน้าที่ตามความเหมาะสมมากขึ้น เพราะคุ้นเคยกับคนในกลุ่มมากขึ้น และเข้าใจการแบ่งงานกันมากขึ้น เช่น เมื่อมีใครแสดงความคิดเห็นก็จะรับฟัง ใครมีหน้าที่ออกแบกก็จะทำหน้าที่ของตนเองเป็นอย่างดี ในขั้นจินตนาการนี้นักเรียนระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ย่อมมี

ระบบเพื่อตอบประเด็นที่สงสัย พบว่านักเรียนส่วนใหญ่กระตือรือร้นในค้นคว้าหาความรู้ในการตอบ ประเด็นที่แต่ละกลุ่มสงสัยเป็นอย่างดี นักเรียนมีความเข้าใจวิธีการทดลองมากขึ้นเนื่องจากเป็น การทดลองที่ไม่ซับซ้อน ในขั้นการวางแผนพบว่าสมาชิกของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการพูดคุยเกี่ยวกับ แนวคิด ข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น และนักเรียนมีการแบ่งงานกันทำมากขึ้นกว่าวงจร ปฏิบัติการที่ 1

ส่วนบทบาทในการให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำให้แก่ผู้เรียนในระหว่าง การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และความรู้เนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลมนั้น ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถดำเนินกิจกรรม การเรียนรู้ในบางขั้นตอนได้ด้วยตัวนักเรียนเองและมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือได้ในบางส่วนแล้ว เช่น การระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด การแบ่งหน้าที่ใน การดำเนิน การแก้ปัญหา การพูดคุยในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม การนำเสนอผล การทดสอบ เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีส่วนช่วยให้คำแนะนำและช่วยเหลือนักเรียนให้การจัด การเรียนรู้ของนักเรียนเป็นไปตามแผนที่วางไว้และสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ และทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ไปพร้อมกันในบางขั้นตอน ได้แก่ การที่ผู้วิจัยเข้าไปดูแล และให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิดในแต่ละกลุ่มในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ การตรวจสอบผลการทดลอง การสร้างชิ้นงานให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด มีการกระตุ้นนักเรียน ให้มีการร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและร่วมกันอภิปราย เป็นต้น จะเห็นว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ด้วยตัวเองบ้าง แล้ว ดังนั้นผู้วิจัยจึงลดบทบาทในหลายขั้นตอนที่นักเรียนสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเอง แต่ยังคง ทำหน้าที่ในการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลเพื่อให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง ตามสถานการณ์ที่กำหนด และผู้วิจัยยังคงคอยดูแลนักเรียนเมื่อเกิดปัญหาจะได้เข้าไปช่วยเหลือได้ อย่างใกล้ชิด

การดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จากการปฏิบัติตามขั้นตอนของการวิจัย เจริญปฏิบัติการตั้งแต่การวางแผนปฏิบัติ สังเกต และขั้นตอนสุดท้ายคือการสะท้อนผล เกี่ยวกับ ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางปรับปรุงแก้ไขที่ผู้วิจัยจะต้องนำไปปรับปรุงในการจัดการเรียนรู้ในวงจร ปฏิบัติการที่ 2 สรุปได้ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงประเด็นที่พบและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอน การจัด การเรียนรู้	ประเด็นที่พบ	แนวทางแก้ไข
ขั้นถาม (Ask)	นักเรียนไม่สามารถระบุปัญหา และหาแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้ มีนักเรียนบางส่วนเห็นว่าสถานการณ์ปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่ไม่น่าสนใจ สังเกตจากที่นักเรียนมีบางส่วนคุยกัน และอาจจะเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย	จะต้องออกแบบสถานการณ์ปัญหาให้ซับซ้อนและใกล้ตัวนักเรียนและสอดคล้องกับเนื้อหามากที่สุด เพื่อให้ นักเรียนได้นำความรู้ที่มีมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา
ขั้นจินตนาการ (Imagine)	- มีนักเรียนบ้างกลุ่มเลือกวิธีการทดลองที่ยากเกินไป - ยังมีแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม ยังไม่หลากหลาย ในเรื่องชนิดของเชือกมีผลต่อความถี่และความคาบของการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งนักเรียนได้เลือกใช้เชือกเพียงชนิดเดียว	- ผู้วิจัยควรเข้าไปดูอย่างใกล้ชิด - ควรให้อิสระกับนักเรียนในการออกแบบการทดลองและการบันทึกผลการทดลอง
ขั้นวางแผน (Plan)	ในการเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาพบว่า มีบ้างกลุ่มอธิบายขั้นตอนยังไม่สอดคล้องกับแนวการออกแบบเชิงวิศวกรรม	ควรที่จะมีการอภิปรายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานรวมกัน
ขั้นสร้าง (Create)	ในการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการชนของนักเรียนส่วนใหญ่เลือกรูปแบบการสร้างชิ้นงานที่เหมือนกัน และพบว่านักเรียนไม่ค่อยร่วมมือในการสร้าง	ควรให้นักเรียนได้ตกแต่งชิ้นงานเพิ่มหรือเพิ่มความซับซ้อนของชิ้นงาน
ขั้นการทดสอบ (Experiment)	พบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มมีแนวทางการทดสอบที่ผิด ไม่เป็นไปตามข้อตกลง	ผู้วิจัยควรให้คำแนะนำในการทดสอบและทบทวนกติกาในการทดสอบให้ชัดเจน
ขั้นปรับปรุง (Improve)	พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่พูดถึงแนวคิดหรือความรู้ที่ได้จากการสร้างอุปกรณ์ชนของ	ควรเพิ่มคำถามลงไปในใบกิจกรรมเกี่ยวกับการให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับ STEM

1.3 ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น)

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 วันที่ 26-27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ตั้งแต่เวลา 09.30 น.-11.30 น. และ 12.55 น.-13.55 น. ผลการปฏิบัติในแต่ละชั้นของวงจรปฏิบัติการแสดงดังนี้

ขั้นวางแผน (Plan : P)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น ตามผลจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 2 คือ สถานการณ์ที่ใช้ในการออกแบบมีความซับซ้อนมากขึ้น และปรับให้สถานการณ์มีความใกล้ตัวผู้เรียนมากขึ้น คือ การทำแบบจำลองชิงช้า และแบ่งเวลาในขั้นตอนต่างๆ ให้เหมาะสมกับเนื้อหามากขึ้น ซึ่งเมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมนี้แล้วนักเรียนจะสามารถเข้าใจการเคลื่อนที่แบบสั่นได้ และจดจำความหมายของคาบ ความถี่ได้ ซึ่งเป็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบสั่น และลดบทบาทของผู้วิจัยในการสอนแต่เพิ่มการให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำกับนักเรียน โดยใช้วิธีการให้นักเรียนได้พูดคุย แลกเปลี่ยนประสบการณ์กับเพื่อนภายในกลุ่มรวมทั้งร่วมกันวางแผนการแก้ปัญหา เพิ่มการตกแต่งชิ้นงานเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมมือกันทำมากขึ้น ใช้การทดสอบแบบแข่งขันจับเวลาในการแกว่งของชิงช้า ซึ่งแจ้งกติกาการทดสอบ เพิ่มข้อคำถามในใบกิจกรรมให้นักเรียนสรุปความรู้ตาม STEM

ขั้นปฏิบัติการ (Act : A)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดทำขึ้น โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นมากขึ้น โดยเฉพาะชั้นการถามที่นักเรียนจะต้องศึกษาสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน นักเรียนจึงเกิดความสนใจ และความกระตือรือร้นที่จะหาแนวทางการแก้ไขปัญหา ในส่วนของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนทั้ง 6 ขั้นตอน พบว่า สามารถทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะในขั้นการสร้าง เพราะนักเรียนได้ลงมือทำ และทุกคนภายในกลุ่มมีส่วนร่วมในการสร้างชิงช้ารวมทั้งขั้นการทดสอบ นักเรียนให้ความสนใจและตั้งใจในการช่วยกันเพื่อให้กลุ่มประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาเป็นอย่างดี เพราะมีการให้แต่ละกลุ่มแข่งกันว่าชิงช้าใครจะเป็นไปตามเงื่อนไขมากที่สุด

ขั้นสังเกต (Observe : O)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการสังเกตการจัดการเรียนรู้ร่วมกับครูผู้ร่วมสังเกตเพื่อสังเกตว่าแต่ละขั้นตอนมีปัญหาหรือควรปรับปรุงอย่างไร รวมถึงสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่

มีผลมาจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน โดยการบันทึกการสะท้อนผลในแบบสังเกต การจัดการเรียนรู้ ในภายหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั่วโมงจนเสร็จ

ขั้นสะท้อนผล (Reflect : R)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางปรับปรุงแผน การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่ แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ในวงจรปฏิบัติการต่อไป โดยสะท้อนผลในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้และจากเครื่องมือ วิจัย คือ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ขั้นถาม (Ask) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องร่วมกันระบุปัญหาโดยอาศัย ประสบการณ์ความรู้เดิมที่เคยพบในชีวิตประจำวัน ของสภาพปัญหาจากสถานการณ์ เรื่อง โล่ชิงช้าของชาวอาซา ถ้านักเรียนถูกจ้างจากสมาชิกของชาวอาซาให้ออกแบบชิงช้าที่ปลอดภัย ไม่ขาดง่ายและสวยงาม และใ้กวชิงช้าให้นานที่สุด โดยใช้ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบเส้น ความสัมพันธ์ของความถี่ คาบ และความยาวเชือก และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและข้อจำกัดที่ ต้องปฏิบัติตาม ซึ่งจากการที่ใช้สถานการณ์ปัญหาดังกล่าวพบว่า นักเรียนเกิดกระตือรือร้น และสามารถตอบคำถามไปในทิศทางที่ถูก อยากที่จะศึกษาค้นคว้าเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหา และไม่น่าเบื่อ สามารถนำความรู้ที่มีมาช่วยในการแก้ไขปัญหาคสถานการณ์ที่กำหนด จากการสนทนาระหว่างนักเรียนกับผู้วิจัยในระหว่างจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน

ในการระบุปัญหาและการหาแนวทางแก้ไขของนักเรียนนั้นสามารถทำได้ดีขึ้น และ นักเรียนเริ่มมีการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น นอกจากนั้นขั้นตอนนี้นักเรียนได้มีการแบ่งหน้าที่ ตามความเหมาะสมมากขึ้นและเวลาที่จำกัดทำให้นักเรียนมีการพูดคุยในการทำหน้าที่ที่ได้รับ มอบหมายมากขึ้น และนักเรียนมีคุ้นเคยกับคนในกลุ่มมากขึ้น (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของ ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2563) เนื่องจากสถานการณ์มีความซับซ้อนมากขึ้น ส่งผลให้แนวทางการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากตามไปด้วย นักเรียนจึงต้องรวมกันดำเนินการให้สำเร็จ ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่า สถานการณ์น่าสนใจมากขึ้นและใกล้ตัวนักเรียน ดังจะเห็นได้จาก ข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้

1.2 ปัญหาและอุปสรรค

- นักเรียนมักแสดงความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม
- นักเรียนแบ่งหน้าที่ได้เป็นอย่างดี

ภาพ 42 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบเส้น

ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

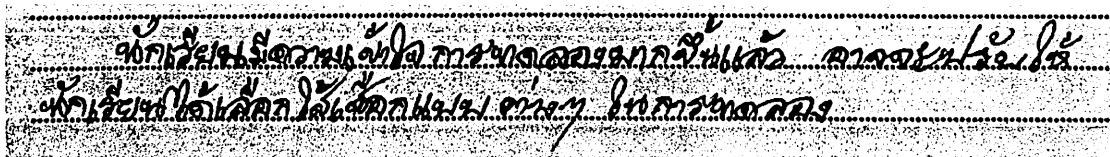
ภาพ 43 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบเส้น

(2) ชั้นจินตนาการ (Imagine) หลังจากผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหา
ย่อยได้แล้ว ขั้นนี้นักเรียนระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้
อย่างมีระบบเพื่อตอบประเด็นที่สงสัย โดยผ่านการทดลองการเคลื่อนที่แบบเส้น แล้วให้นักเรียนบันทึก
ลงในใบกิจกรรม โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไข
และขอบเขตของปัญหา แล้วเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหา จากขั้น
ตอนนี้ พบว่าการทดลองมีลักษณะคล้ายกับการทดลองในแผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องของคาบกับ
ความถี่ ให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดเรื่องคาบกับความถี่ง่ายขึ้น แต่มีนักเรียนบ้างกลุ่มวัดระยะเชือก
ผิดใช้ (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2563) ในขั้นนี้ผู้วิจัยลดบทบาท
ในการสอนแต่เพิ่มการให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำกับนักเรียน ให้นักเรียนได้มีการพูดคุย
กันภายในกลุ่มมากขึ้น และให้ความร่วมมือกันภายในกลุ่มมากขึ้น เนื่องจากนักเรียนมีความคุ้นเคย
กัน ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่า นักเรียนมีความเข้าใจการทดลองมากขึ้นแล้ว อาจจะปรับให้
นักเรียนได้เลือกใช้เชือกแบบต่างๆ ในการทดลอง ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกต
การจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตดังนี้

2.2 ปัญหาและอุปสรรค

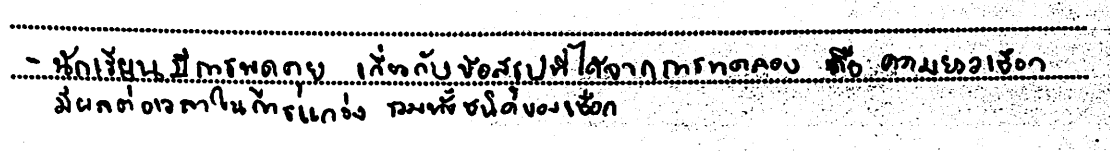
- นักเรียนส่วนใหญ่มักคิดว่าต้องวัดรัศมีก่อน

ภาพ 44 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบเส้น

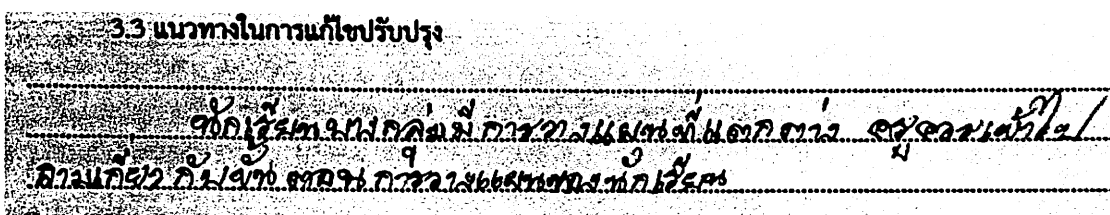


ภาพ 45 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น

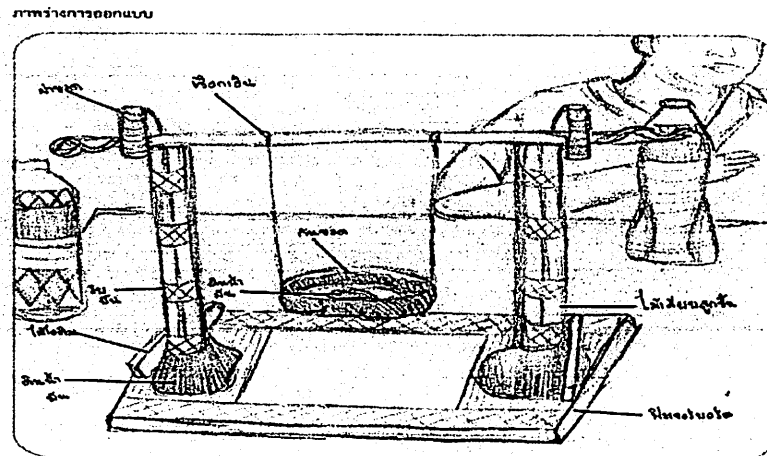
(3) ชั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 2-3 รายการ คือ การนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ได้รวบรวม วิเคราะห์ ตัดสินทางเลือก จากนั้นร่วมกันระดมความคิดแนวทางที่ดีที่สุดเป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์และสร้างภาพร่างการออกแบบแนวคิดที่เป็นไปได้และที่ดีที่สุดเป็นต้นแบบ 1 แนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาของกลุ่ม จากชั้นตอนนี้ พบว่า มีนักเรียนหลายๆ กลุ่มเลือกรูปแบบการสร้างชิงช้าที่หลากหลาย สมาชิกของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการพูดคุยเกี่ยวกับแนวคิด ข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น คือ ความยาวของเชือกมีผลต่อเวลาในแกว่งของชิงช้า รวมทั้งชนิดของเชือกด้วย ทำให้ได้แนวคิดหรือแบบร่างที่ได้เป็นแนวคิดที่ได้จากการพูดคุยกันและลงข้อสรุปเป็นแนวคิดของกลุ่ม (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2563) ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่า มีนักเรียนบางกลุ่มมีการวางแผนที่แตกต่าง ควรเข้าไปถามเกี่ยวกับขั้นตอนการวางแผนของนักเรียน ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้



ภาพ 46 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น



ภาพ 47 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น



ภาพ 48 ตัวอย่างแบบร่างการออกแบบของนักเรียน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น

(4) ขั้นสร้าง (Create) ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องสร้างชิงช้าที่ปลอดภัย ไม่ขาดง่ายและสวยงาม และใกวชิงช้าให้นานที่สุด ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบที่กำหนด และตามภาพร่างที่กลุ่มออกแบบ และจะต้องออกมาเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ ที่แต่ละกลุ่มได้วางแผนไว้ พบว่านักเรียนใช้เวลาในการสร้างชิงช้ามากขึ้น นักเรียนจะใช้เวลาในการตกแต่งชิงช้ามากเกินไป(แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2563) ผู้วิจัยจึงจำกัดเวลานักเรียนมากขึ้น นักเรียนจึงมีการช่วยกันดำเนินการสร้างตามหน้าที่กันมากขึ้น และพบว่ารูปแบบการสร้างชิงช้าของแต่ละกลุ่มก็แตกต่างกัน ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่าครูควรจำกัดเวลาในการสร้างชิงช้า กระตุ้นนักเรียนให้รีบทำเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมมือกันทำงานมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้

4.2 ปัญหาและอุปสรรค

- นักเรียนใช้เวลาไปหมดทุกอย่างชิงช้ามากเกินไป

ภาพ 49 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น

ครูผู้ร่วมสังเกตเรียนรู้อีก 6 คน โดยครูผู้สังเกตได้ช่วยเสนอความคิดเห็นต่าง
 กัน

ภาพ 50 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น

(5) ชั้นการทดสอบ (Experiment) ในขั้นนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินวิธีการ
 แก้ปัญหาจากการทดสอบการแกว่งชิงช้าให้นานที่สุดของแต่ละกลุ่ม แล้วรวบรวมและวิเคราะห์
 ข้อมูลของกลุ่มตัวเองและจากกลุ่มอื่น ผู้วิจัยได้พยายามถามนักเรียนหลายๆ กลุ่มว่าทำไมถึงเลือก
 รูปแบบชิงช้าแบบนี้ มีเหตุผลอะไรที่เลือกวิธีการแก้ปัญหา เพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้
 แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลเพื่อหาแนวทางการปรับปรุง ในระหว่างการทดสอบนักเรียนต้อง
 สรุปว่าอุปกรณ์ของกลุ่มมีจุดแข็งและจุดอ่อนของการออกแบบอย่างไรบ้าง เพื่อหาแนวทางแก้ไข
 จุดอ่อนนั้น อีกส่วนหนึ่งคือการประเมินว่ารูปแบบการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละกลุ่ม ซึ่ง
 ในขั้นนี้ผู้วิจัยเห็นว่านักเรียนทุกกลุ่มมีแนวทางในการแก้ปัญหาในแนวทางเดียวกัน ดังนั้นจึงได้เพิ่ม
 เกณฑ์การประเมินในส่วนของความสวยงาม และนักเรียนมีแนวทางการทดสอบที่เป็นไปในทิศทาง
 เดียวกัน (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2563) เนื่องจากผู้วิจัยได้
 ชี้แจงแนวทางการทดสอบก่อนเริ่มทำการทดสอบ และทบทวนกติกาในการทดสอบให้ชัดเจน
 ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะรูปแบบชิ้นงานมีความหลากหลายมากขึ้น ครูอาจจะประเมินความคิด
 สร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มเติม ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
 และครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค
 - นักเรียนมีแนวทางทำแกว่งชิงช้า หรือการสร้างชิงช้าไปในทิศทางที่
 ใกล้เคียงกัน

ภาพ 51 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น

ยังไม่พบใช้แนวทางที่หลากหลายในการแกว่งชิงช้า อาจหาแนวอื่นเพิ่ม
 ความถี่จากครึ่งส่วนหรือสองเท่าหรือหนึ่งส่วนก็ได้

ภาพ 52 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น

(6) ชั้นปรับปรุง (Improve) ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องนำผลที่ได้จากการทดสอบไปปรับปรุงการออกแบบ และระบุงการเปลี่ยนแปลงที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะทำและปรับการแก้ไขโดยออกมาอภิปรายและนำเสนอของแต่ละกลุ่ม พบว่าทุกกลุ่มปรับปรุงแล้วดีขึ้นกว่าเดิมทำให้เวลาที่ใช้ในการทดสอบนาน (แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2563) ผู้วิจัยจึงให้ทุกกลุ่มทดสอบพร้อมกันและจับเวลา และผู้วิจัยได้ให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน ครูผู้ร่วมสังเกตเสนอแนะว่าอาจให้นักเรียนออกมานำเสนอข้อสรุปที่ได้ความรู้ตาม STEM ดังจะเห็นได้จากข้อความในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ดังนี้

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

- เวลาที่ 9 ชั่วโมง 10 นาที เพราะยัง ใช้เวลา เกินกว่า

ภาพ 53 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น

ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อสรุปที่ได้ความรู้ตาม STEM

ภาพ 54 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมสังเกต แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น

จากการสัมภาษณ์ของนักเรียนหลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่น่าสนใจมากกว่าการสอนแบบบรรยาย เพราะได้ทำกิจกรรม ลงมือทำด้วยตัวเอง และปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดยังเป็นสถานการณ์ที่ใกล้ตัว

จากการสะท้อนผลของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตโดยการบันทึกข้อความลงในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้พบว่าการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ สถานการณ์มีความเหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ และอยู่ในระยะเวลาที่เหมาะสม นอกจากนั้นกิจกรรมดังกล่าวช่วยส่งเสริมสรณะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและสามารถกระตุ้นให้นักเรียนอยากที่จะเรียนรู้

นอกจากนั้นจากการที่ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้พบว่า การระบุปัญหาและการหาแนวทางแก้ไขของนักเรียนนั้นสามารถทำได้ดีขึ้นและตั้งใจใช้เวลาไม่มาก และนักเรียนเริ่มมีการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น นอกจากนั้นนักเรียนได้มีการแบ่งหน้าที่ตาม

ความเหมาะสมมากขึ้น และเข้าใจการแบ่งงานกันมากขึ้น เช่นเมื่อมีใครแสดงความคิดเห็นก็จะรับฟัง ใครมีหน้าที่ออกแบบก็จะทำหน้าที่ของตนเองเป็นอย่างดี ในชั้นจินตนาการนี้นักเรียนระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ว่ามีระบบเพื่อตอบประเด็นที่สงสัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่กระตือรือร้นในค้นคว้าหาความรู้ในการตอบประเด็นที่แต่ละกลุ่มสงสัยเป็นอย่างดี นักเรียนมีความเข้าใจวิธีการทดลองมากขึ้นเนื่องจากการทดลองที่ไม่ซับซ้อน ในชั้นการวางแผนพบว่สมาชิกของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการพูดคุยเกี่ยวกับแนวคิด ข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น และในชั้นการสร้างนักเรียนมีการแบ่งงานกันทำมากขึ้นเสร็จตามเวลาที่กำหนด

ส่วนบทบาทในการให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำให้แก่ผู้เรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และความรู้เนื้อหา เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่นนั้น ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในบางขั้นตอนได้ด้วยตัวนักเรียนเองและมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้เป็นส่วนใหญ่เป็นไปตามแผนที่วางไว้และสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ไปพร้อมกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงลดบทบาทในหลายขั้นตอนที่นักเรียนสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเอง แต่ยังคงทำหน้าที่ในการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลเพื่อให้ นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องตามสถานการณ์ที่กำหนด และผู้วิจัยยังคงคอยดูแลนักเรียนเมื่อเกิดปัญหาจะได้เข้าไปช่วยเหลือได้อย่างใกล้ชิด

การดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จากการปฏิบัติตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตั้งแต่การวางแผนปฏิบัติ สังเกต และขั้นตอนสุดท้ายคือการสะท้อนผล เกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางปรับปรุงแก้ไขที่ผู้วิจัยจะต้องนำไปปรับปรุงในการจัดการเรียนรู้สรุปดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงประเด็นที่พบและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ประเด็นที่พบ	แนวทางแก้ไข
ขั้นถาม (Ask)	นักเรียนมีคุ่นเคยกับคนในกลุ่มมากขึ้น	ควรให้นักเรียนได้ทำงานกลุ่มเดิม เพื่อสร้างความคุ้นเคยให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่ม
ชั้นจินตนาการ (Imagine)	มีนักเรียนบ้างกลุ่มวัดระยะเชือกผิด	ควรให้คำแนะนำในการวัดระยะของเชือก

ตาราง 8 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	ประเด็นที่พบ	แนวทางแก้ไข
ขั้นวางแผน (Plan)	มีนักเรียนบางกลุ่มมีการวางแผนที่ แตกต่างกัน	ครูควรเข้าไปตามเกี่ยวกับขั้นตอน การวางแผนของนักเรียน
ขั้นสร้าง (Create)	พบว่านักเรียนใช้เวลาในส่วนของ การตกแต่งชิ้นงานมากเกินไป	ผู้วิจัยควรจำกัดเวลานักเรียนมากขึ้น นักเรียนจึงมีการช่วยกันดำเนินการสร้าง ตามหน้าที่กันมากขึ้น
ขั้นการทดสอบ (Experiment)	นักเรียนทุกกลุ่มปรับปรุงแล้วดีขึ้น กว่าเดิมทำให้เวลาที่ใช้ใน การ ทดสอบนาน	ควรให้ทุกกลุ่มทดสอบพร้อมกันและจับ เวลา หรือครูควรเพิ่มกติกาที่ทำทายนมาก ขึ้น เช่น ให้เพิ่มมวลให้มากขึ้น ถ้าชิงช้า ขาดถือว่าแพ้
ขั้นปรับปรุง (Improve)	นักเรียนยังขาดการประเมินตนเอง และเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม	ควรให้นักเรียนได้ประเมินบทบาทหน้าที่ ของตนเองและเพื่อนในกลุ่ม

จากการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ 1-3 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3) ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการบันทึกลงในแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้หลังการจัดการเรียนรู้ของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการสะท้อนสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไขสามารถสรุปได้ดังข้อมูลในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงสรุปแนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

ขั้นตอน การจัด การเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม ที่ส่งเสริมสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
ขั้นถาม (Ask)	ผู้วิจัยควรชี้แจงการแบ่งกลุ่มให้ชัดเจน แบ่งกลุ่มโดยการดูความสามารถและคละชาวยหญิง ก่อนที่จะเริ่มทำกิจกรรมและใช้สถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคย ให้นักเรียนแยกกันระบุนปัญหา หลังจากนั้นร่วมกันอภิปรายปัญหารวมกัน ควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม	ครูจะต้องออกแบบสถานการณ์ปัญหาให้ซับซ้อนและใกล้ตัวนักเรียน และสอดคล้องกับเนื้อหามากที่สุด เพื่อให้ให้นักเรียนได้นำความรู้ที่มีมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา	ควรให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกัน เป็นกลุ่มเดิม เพื่อสร้างความคุ้นเคยให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่ม และทำตามกฎกติกาเดิม	ครูควรแบ่งกลุ่มให้นักเรียนโดยดูความสามารถและคละชาวยหญิงและให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยใช้กลุ่มเดิม เพื่อให้นักเรียนได้คุ้นเคยกันมากขึ้น ครูควรเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนและใกล้ตัว และต้องใช้ความรู้ที่หลากหลาย ให้นักเรียนแยกกันระบุนปัญหา หลังจากนั้นร่วมกันอภิปรายปัญหารวมกัน ควรกระตุ้นโดยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความรู้และมุมมองของตน ส่งผลให้นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็นและคุ้นเคยกับเพื่อนในกลุ่มมากขึ้น ครูและนักเรียนร่วมกัน

ตาราง 9 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัด การเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม ที่ส่งเสริมสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
ขั้นถาม (Ask) (ต่อ)				อภิปรายปัญหาและแนวทาง การแก้ปัญหาร่วมกัน เพื่อให้เกิด ความเข้าใจแนวคิดเดียวกัน
ขั้นจินตนาการ (Imagine)	ผู้วิจัยควรไปอธิบายทบทวนฟังก์ชัน การใช้งานของโปรแกรมเพิ่มเติม หรืออาจใช้การอธิบายเพิ่มเติมในใบ กิจกรรม เมื่อนักเรียนได้ผล การทดลองแล้วควรให้นักเรียน ออกมานำเสนอแนวคิดที่ได้จาก การทดลองของแต่ละกลุ่ม	ผู้วิจัยควรให้อิสระกับนักเรียนใน การออกแบบการทดลองและ การบันทึกผลการทดลอง	ควรให้คำแนะนำในการวัดระยะ ของเชือก	ครูควรอธิบายแนวทางการทดลองให้ นักเรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ ออกแบบการทดลองด้วยตนเอง โดย ที่ครูคอยอำนวยความสะดวกให้ นักเรียน เมื่อนักเรียนได้ผล การทดลองที่ไม่ตรงกัน ครูควรให้ นักเรียนออกมานำเสนอแนวคิดที่ได้ จากการทดลองของแต่ละกลุ่ม และ ร่วมกันอภิปราย เพื่อให้เกิด ความเข้าใจแนวคิดไปในทิศทาง เดียวกัน

ตาราง 9 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัด การเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม ที่ส่งเสริมสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
ขั้นวางแผน (Plan)	ผู้วิจัยควรให้คำแนะนำให้นักเรียน ร่วมกันแบ่งงาน และเพิ่มคำถามใน ใบกิจกรรมเกี่ยวกับให้นักเรียน อธิบายขั้นตอนการสร้างเครื่องยิง ดับเพลิงลงในใบกิจกรรม	เมื่อนักเรียนได้อภิปรายแนวคิดใน การที่จะสร้างอุปกรณ์ยกของแล้ว ออกแบบภาพร่างเสร็จแล้ว ผู้วิจัย ควรให้นักเรียนมี การอภิปราย ขั้นตอนการสร้างชิ้นงานและรูปแบบ รวมกันเพื่อที่จะให้นักเรียนเข้าใจ แนวคิดที่ถูกต้อง	ครูควรเข้าไปถามเกี่ยวกับขั้นตอน การวางแผนของนักเรียน	ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องรวบรวม แนวคิดที่ได้จากการทดลองของ สมาชิกแต่ละคน แล้วเลือกแนวคิดที่ ดีที่สุด เพื่อวางแผนการสร้างชิ้นงาน ร่วมกัน ออกมาเป็นแบบร่าง การออกแบบ โดยครูอาจนำเสนอ แบบร่างการออกแบบให้กับนักเรียน รวมทั้งเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่ กำหนดไว้ในตอนแรก เพื่อเป็น แนวทางในการวางแผนการเลือกใช้ อุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงาน
ขั้นสร้าง (Create)	ผู้วิจัยควรเตรียมอุปกรณ์ใน การสร้างให้เพียงพอต่อนักเรียน ใน ขั้นตอนการสร้างผู้วิจัยควรกระตุ้น ให้นักเรียนแบ่งงานกันทำมากขึ้น	ผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้ตกแต่ง ชิ้นงานเพิ่มหรือเพิ่ม ความซับซ้อน ของชิ้นงาน เช่น เลือกรูปแบบชิ้นงาน ที่มีหลายรูปแบบ	ผู้วิจัยควรจำกัดเวลานักเรียนมาก ขึ้น นักเรียนจึงมี การช่วยกัน ดำเนินการสร้างตามหน้าที่กัน มากขึ้น	ในการสร้างชิ้นงานควรมีหลาย ขั้นตอน จะทำให้นักเรียนช่วยกันมาก ขึ้น ครูควรให้อิสระแก่นักเรียนใน การสร้างชิ้นงาน ควรฝึกให้นักเรียน

ตาราง 9 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัด การเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม ที่ส่งเสริมสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
ขั้นสร้าง (Create) (ต่อ)	และผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้ฝึก แก้ปัญหาร่วมกันก่อน หากไม่บรรลุ เป้าหมาย จึงเข้าไปช่วยชี้แจงให้ กลุ่มดังกล่าวเข้าใจว่า การสร้างต้อง เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด			ได้แก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มโดยเมื่อ ชิ้นงานนักเรียนเกิดปัญหา ไม่เป็นไป ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ครูจึงเข้าไป ช่วย ควรฝึกให้นักเรียนช่วยการคิด และพัฒนาชิ้นงานของกลุ่ม และ กระตุ้นให้นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ และควรกำหนดเวลาในการสร้าง ให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมี ความกระตือรือร้นและร่วมมือกันใน การดำเนินการแก้ปัญหา
ขั้น การทดสอบ (Experiment)	ผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้ลองทดสอบ การยิงก่อน และควรหาพื้นที่ที่ เหมาะสมในการใช้ทดสอบ ก่อน ทดสอบครูควรให้นักเรียนทุกกลุ่ม นำเครื่องยิงมาไว้ที่หน้าชั้นเรียน	ผู้วิจัยควรให้คำแนะนำใน การทดสอบ และทบทวนกติกาใน การทดสอบให้ชัดเจน	ควรให้ทุกกลุ่มทดสอบพร้อมกัน และจับเวลา หรือครูควรเพิ่ม กติกาที่ทำหายมากขึ้น เช่น ให้ เพิ่มมวลให้มากขึ้น ถ้าชิงช้าขาด ถือว่าแพ้	ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องนำชิ้นงานที่ สร้างขึ้นมาทดสอบ ว่ามีปัญหาอะไร และจะปรับปรุงอะไร ครูควรอธิบาย วิธีการทดสอบชิ้นงานที่ให้ชัดเจน เพิ่มความท้าทายในการทดสอบ

ตาราง 9 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัด การเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม ที่ส่งเสริมสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
ขั้น การทดสอบ (Experiment) (ต่อ)				เพื่อให้ นักเรียนมีความกระตือรือร้น ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบ ปัญหาและทำการพัฒนาชิ้นงานของ กลุ่มตนเอง และจดบันทึกผล การทดสอบเพื่อสร้างแรงผลักดัน ให้กับนักเรียน
ขั้นปรับปรุง (Improve)	ผู้วิจัยควรสุ่มนักเรียนให้กลุ่มที่ ประสบความสำเร็จในการออกแบบ ออกมานำเสนอ และสุ่มกลุ่มอื่น ออกมานำเสนอ ควรจำกัดเวลาใน การสร้าง	ควรเพิ่มคำถามลงไปในใบกิจกรรม เกี่ยวกับการให้นักเรียนสรุปความรู้ เกี่ยวกับ STEM	ควรให้นักเรียนได้ประเมินบทบาท หน้าที่ของตนเองและเพื่อนใน กลุ่ม	ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องนำชิ้นงานไป ปรับปรุง และนำมาทดสอบอีกครั้ง แล้วนำเสนอและอภิปรายร่วมกัน ครู ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกกลุ่ม ออกมานำเสนอแนวทางที่จะทำให้ นักเรียนเกิดแนวคิดใหม่ๆ และเกิด ความรู้ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียน ร่วมกันประเมินบทบาทหน้าที่ของ ตนเองและเพื่อนในกลุ่ม

ตอนที่ 2 ผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้น ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลในสองส่วนคือ 1) สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้จากการใช้แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพื่อสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่แสดงถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ 2) สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้จากการใช้แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ วิเคราะห์ออกมาเป็นร้อยละจำนวนนักเรียนที่มีระดับสมรรถนะ โดยเทียบกับเกณฑ์ประเมินของ PISA2015

2.1 สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเพื่อประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ เพื่อดูผลการพัฒนาของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนว่ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร ผู้วิจัยได้แสดงผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในแต่ละวงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์)

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วันที่ 6-13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ตั้งแต่เวลา 09.30 น.-11.30 น. และ 12.55 น.-13.55 น. ซึ่งผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แสดงดังนี้

(1) ขั้นถาม (Ask) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องร่วมกันระบุปัญหาโดยอาศัยประสบการณ์ความรู้เดิมที่เคยพบในชีวิตประจำวัน ของสภาพปัญหาจากสถานการณ์ เรื่อง สถานการณ์ไฟฟ้าในออสเตรเลีย นักเรียนจะต้องออกแบบเครื่องยิงลูกโป่งนำมาช่วยให้การดับเพลิง

เพื่อความปลอดภัยต่อเจ้าหน้าที่ โดยใช้ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและข้อจำกัดที่ต้องปฏิบัติตาม ซึ่งใช้สถานการณ์เป็นตัวกระตุ้น

ในส่วนของกระบวนการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด พบว่าในชั้นนี้นักเรียนมีการพูดคุยและแสดงความคิดเห็นกับเพื่อนสมาชิกภายในกลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นนักเรียนมีการแบ่งปันข้อมูล และการเจรจาเกี่ยวกับการทำ ความเข้าใจปัญหาร่วมกัน แต่มีนักเรียนบ้างกลุ่มร่วมกันคิดปัญหาโดยไม่ได้แสดงความคิดเห็นของแต่ละคน บางกลุ่มก็แบ่งหน้าที่ให้ใครคนใดคนหนึ่งไม่ร่วมกันแสดงความคิดเห็น มีการพูดคุย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันน้อยมาก เนื่องจากอยู่ในกลุ่มกับเพื่อนที่ไม่คุ้นเคย ทำให้นักเรียนไม่กล้าที่จะแสดงความคิดเห็น ดังตัวอย่างข้อความในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 และแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยี่งดับเพลิง

ชั้นสอน	พฤติกรรมที่สังเกตได้	หมายเหตุ
1. ชั้นตาม (Ask)	<ul style="list-style-type: none"> - หักเรียงไม้ทอดกชกันเพื่อระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ข้อมูลที่ได้แจ้งข้อมูลที่ได้ดูคลิปวิดีโอที่ครูเปิด - หักเรียงไม้ทอดกชกันบ้างมากเมื่อเห็นพบกับตอนสร้างเครื่องยี่ง 	<ul style="list-style-type: none"> - หักเรียงไม้ต้องพูดคุยกันบ้างกลุ่มก็แจ้งความคิดเห็นของแต่ละคนบางวันในหัวกลม

ภาพ 55 ตัวอย่างการบันทึก แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1, A2

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีปัญหาหรือความต้องการในเรื่องใดบ้าง?

สมาชิกคนที่ 1 (หัวหน้าทีม) ระบุว่า
สถานการณ์ไปป่าขาดกินคนคนคน.....

สมาชิกคนที่ 2 (ด้านการสร้าง) ระบุว่า
ต้องดูแลสัตว์และสิ่งมีชีวิตในป่า.....

สมาชิกคนที่ 3 (ด้านศิลปะและคำนวณ) ระบุว่า
ต้องดูแลสัตว์ที่กินเนื้อสัตว์ และปริมาณน้ำ.....

สมาชิกคนที่ 4 (ด้านมีความสามารถด้านการวาดภาพ ออกแบบ) ระบุว่า
ต้องดูแลสัตว์ในป่าให้แข็งแรง ปลอดภัย.....

สมาชิกคนที่ 5 (ด้านการดับเพลิง) ระบุว่า
พื้นที่ที่จุดไฟป่า มีบริเวณกว้าง และ มีความร้อนสูง จึงเข้าถือไม้จาก.....

สรุปรวมของกลุ่ม
สถานการณ์ไปป่าขาดกินคนคนคน..... และ มีความร้อนสูง จึงเข้าถือไม้จาก.....
ที่ป่ามีสัตว์และสิ่งมีชีวิตในป่า..... ทั้งสัตว์และคนคนคนในป่า.....
พื้นที่ที่จุดไฟป่า มีบริเวณกว้าง และ มีความร้อนสูง.....

ภาพ 56 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยี่งดับเพลิง, นักเรียนกลุ่มที่ 1, A2

จากภาพแสดงให้เห็นว่านักเรียนบางส่วนมีสมรรถนะ “แบ่งปันข้อมูลและเจรจาต่อรองเพื่อระบุความหมายของปัญหา” ส่วนสิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับเกี่ยวกับการดำเนินการแก้ปัญหาของนักเรียนนั้นพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในสมรรถนะ “ค้นพบมุมมองความคิดและความสามารถของสมาชิกในกลุ่ม” เนื่องจากในการแบ่งหน้าที่ตามเงื่อนไขที่กำหนดพบว่ามีการแบ่งกลุ่มโดยจับฉลาก ไม่ได้คำนึงถึงความสามารถของแต่ละคนภายในกลุ่ม บางกลุ่มแบ่งตามความคิดของใครคนใดคนหนึ่ง

(2) ขั้นจินตนาการ (Imagine) หลังจากผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหาเรียบร้อยแล้ว ขั้นนี้ นักเรียนระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ อย่างมีระบบเพื่อตอบประเด็นที่สงสัย โดยผ่านการใช้จากโปรแกรม <https://phet.colorado.edu> ที่เป็นโปรแกรมการทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แล้วให้นักเรียนบันทึกลงไปใบกิจกรรม โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา ซึ่งจากการสังเกตพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีการแลกเปลี่ยนเกี่ยวกับการหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองเพื่อตอบประเด็นที่สงสัยเกี่ยวกับปัญหา ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่มีสมรรถนะ “การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกัน”

(3) ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 2-3 รายการ คือ การนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ได้รวบรวม วิเคราะห์ ตัดสินทางเลือก จากนั้นร่วมกันระดมความคิดแนวทางที่ดีที่สุดเป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์และสร้างภาพร่างการออกแบบแนวคิดที่เป็นไปได้และที่ดีที่สุดเป็นต้นแบบ 1 แนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาของกลุ่ม จากขั้นนี้พบว่าสมาชิกของนักเรียนแต่ละกลุ่มส่วนใหญ่ไม่มีการพูดคุยเกี่ยวกับงานที่ต้องทำให้สำเร็จตามเงื่อนไข ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดการมีสมรรถนะ “การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ”

2. เจียนไขมืออะไรบ้าง

1. มีน้ำหนักที่ระดับเพลิ่ง และ ลูกที่มที่มีความสามารถ
2. ต้นทุนค่าแรงไปป่าไม้ แล่นเข้าที่สด
3. แบบจำลองลูกโป่งน้ำ ต้องมีที่ใส่ลูกโป่งน้ำ
4. พื้นที่ในทรงตัดหัวอุปกรณ์มีจำกัด
5. เวลาที่ใส่มีจำกัด

ภาพ 57 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยิงดับเพลิง
นักเรียนกลุ่มที่ 1, B2

นอกจากนั้นแล้วพบว่ามึนักเรียนส่วนใหญ่ระบุบทบาทหน้าที่ของตนเองในการสร้างเครื่องยิงดับเพลิง รวมทั้งกฎ กติกาของกลุ่ม เพราะมีเวลาที่จำกัดในการสร้างลงในใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ให้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะ “การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตน และระเบียบของกลุ่ม” ดังตัวอย่างข้อความในแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยิงดับเพลิง

- [Redacted] กลุ่มที่ 2
1. ชื่อ... [Redacted] รับผิดชอบเป็น หัวหน้า
หน้าที่ ดูแลความเรียบร้อยในกลุ่ม
 2. ชื่อ... [Redacted] รับผิดชอบเป็น รองหัวหน้า, นักคำนวณ ฟิสิกส์
หน้าที่ คำนวณ ความเร็ว ความสูง และเวลา ตาม หลัก ฟิสิกส์
 3. ชื่อ... [Redacted] รับผิดชอบเป็น ผู้ออกแบบ
หน้าที่ ออกแบบ รูป ร่าง ลักษณะ ของ สิ่งประดิษฐ์
 4. ชื่อ... [Redacted] รับผิดชอบเป็น นักดับเพลิง
หน้าที่ ทำหน้าที่ ปฏิบัติ ใน การ ใช้ อุปกรณ์ ที่ สร้ง
 5. ชื่อ... [Redacted] รับผิดชอบเป็น ผู้มีความสามารถด้าน การสร้ง
หน้าที่ สร้ง อุปกรณ์ ตาม ที่ ออกแบบ ไว้

- [Redacted]
1. เคารพ ความ คิดเห็น ที่ แตกต่าง กัน
 2. ทุกคน ทำ หน้าที่ ตาม ที่ ได้ รับ มอบ หมาย
 3. ทุกคน ต้อง ช่วย กัน
 4. ทุกคน ทำ งาน อย่าง เจริญ ไปด้วย กัน
 5. ไม่ ทะเลาะ เลว กัน

ภาพ 58 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยิงดับเพลิง,
นักเรียนกลุ่มที่ 2, C2

(4) **ขั้นสร้าง (Create)** ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องสร้างเครื่องยิงลูกโป่งน้ำที่เป็นรูปแบบที่ดีที่สุดของกลุ่ม ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบที่กำหนด และตามภาพร่างที่กลุ่มออกแบบ และจะต้องออกมาเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ ที่แต่ละกลุ่มได้วางแผนไว้ ซึ่งพบว่านักเรียนที่รับมอบหมายในการสร้าง รวมถึงสมาชิกคนอื่นๆ ก็ทำหน้าที่ในส่วนที่ตนเองได้รับมอบหมายเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจถึงบทบาทและหน้าที่ของตนเองตามที่กลุ่มมอบหมาย นั่นคือนักเรียนมีสมรรถนะ “เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและเพื่อนร่วมกลุ่ม” ดังแสดงในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

4. ขั้นสร้าง (Create)	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนตั้งใจสร้าง เป็นอย่างสุดความสามารถ - นักเรียนบางคนช่วยกระตุ้นเพื่อนไปทำงาน 	
-----------------------	---	--

ภาพ 59 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ วงจรปฏิบัติการที่ 1, C1

(5) **ขั้นการทดสอบ (Experiment)** ในขั้นนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินวิธีการแก้ปัญหาจากการทดสอบการยิงของเครื่องยิงของกลุ่ม จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มตัวเองและจากกลุ่มอื่น ซึ่งในขั้นตอนนี้พบว่านักเรียนได้มีการทำการจดบันทึกผลการทดสอบและแนวทางแนวทางปรับปรุงชิ้นงาน ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะ “การตรวจสอบผลของการดำเนินงาน และการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา” ดังตัวอย่างข้อความในแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยิงดับเพลิง

แนวทางการปรับปรุงชิ้นงาน

ครั้งที่	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข
1	ผลที่ได้ ① ไป ได้ ไกล 2 เมตร 60 เซนติเมตร แนวทางการปรับปรุงแก้ไข - ลดมุมที่ ① ในทอร์คอิงครั้งต่อไป - เพิ่มแรงในทอร์คอิงหน้าสลัก และดึงหน้าสลักให้สุด
2	ผลที่ได้ ② ไป ได้ ไกล 0 เมตร (เนื่องจากลูกโป่งแตก) แนวทางการปรับปรุงแก้ไข - ลดปริมาณน้ำในลูกโป่ง - ซ่อมแซมพดสักทั้ง 2 ข้าง ในชิ้นแรง

ภาพ 60 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 เครื่องยิงดับเพลิง
นักเรียนกลุ่มที่ 5, B4

(6) ขั้นปรับปรุง (Improve) ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องนำผลที่ได้จากการทดสอบไปปรับปรุงการออกแบบ และระบุงการเปลี่ยนแปลงที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะทำและปรับการแก้ไขโดยออกมาอภิปรายและนำเสนอของแต่ละกลุ่ม ในขั้นนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการพูดคุยเกี่ยวกับการดำเนินงานที่ผ่านมาว่ามีข้อบกพร่องอย่างไร และในการทำกิจกรรมกลุ่มครั้งต่อไปจะแก้ปัญหายังไง โดยประเด็นที่นักเรียนทำการพูดคุยกันคือ เรื่อง การสร้างเครื่องยิงมีความบกพร่องอย่างไรบ้าง และมีนักเรียนบางส่วนให้คำแนะนำกับเพื่อนว่าครั้งหน้าจะสร้างอย่างไรให้ได้ผลสำเร็จ และนักเรียนได้ออกมานำเสนอผลการสร้างและแนวทางการแก้ไขให้ผลงานมีประสิทธิภาพซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะ “การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการกระทำ การแก้ปัญหา” ดังแสดงในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

6. ขั้นปรับปรุง (Improve)	- พี่เจ้เน มีบทพูดคุยกับเพื่อนในกลุ่มรวมหัวกันคิด เน้นหาเพื่อนเก็บกับชนิดของทอร์คอิงหน้าสลัก	
---------------------------	--	--

ภาพ 61 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 1, A3

จากการสังเกตพฤติกรรมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 10

ตาราง 10 แสดงสรุปผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอนการจัด การเรียนรู้	พฤติกรรมนักเรียน	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ
ขั้นถาม (Ask)	นักเรียนมีการพูดคุยและแสดงความคิดเห็นกับเพื่อนสมาชิกภายในกลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นนักเรียนมีการแบ่งปันข้อมูล และการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาด้วยกัน แต่มีนักเรียนบ้างกลุ่มร่วมกันคิดปัญหาโดยไม่ได้แสดงความคิดเห็นของแต่ละคน บางกลุ่มก็แบ่งหน้าที่ให้ใครคนใดคนหนึ่งไม่ร่วมกันแสดง ความคิดเห็น มีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันน้อยมาก เนื่องจากอยู่ในกลุ่มกับเพื่อนที่ไม่คุ้นเคย ทำให้นักเรียนไม่กล้าที่จะแสดงความคิดเห็น	A2 การแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาด้วยกัน
ขั้นจินตนาการ (Imagine)	นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดการช่วยกันระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองเพื่อตอบประเด็นที่สงสัยเกี่ยวกับปัญหา	A4 การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาด้วยกัน (ยังเกิดขึ้นน้อย)
ขั้นวางแผน (Plan)	สมาชิกของนักเรียนแต่ละกลุ่มส่วนใหญ่ไม่มีการพูดคุยเกี่ยวกับงานที่ต้องทำให้สำเร็จตามเงื่อนไข	B2 การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ (ยังเกิดขึ้นน้อย)
ขั้นวางแผน (Plan) (ต่อ)	นักเรียนส่วนใหญ่ระบุบทบาทหน้าที่ของตนเองในการสร้างเครื่องยิงดับเพลิง รวมทั้งกฎ กติกาของกลุ่ม เพราะมีเวลาที่จำกัดในการสร้างลงในใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ให้	C2 การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตนและระเบียบของกลุ่ม
ขั้นสร้าง (Create)	นักเรียนที่รับมอบหมายในการสร้าง รวมถึงสมาชิกคนอื่นๆ ก็ทำหน้าที่ในส่วนที่ตนเองได้รับมอบหมายเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจถึง	C1 การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา

ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัด การเรียนรู้	พฤติกรรมนักเรียน	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ
	บทบาทและหน้าที่ของตนเองตามที่กลุ่มมอบหมาย	
ขั้น การทดสอบ (Experiment)	นักเรียนได้มีการทำการจดบันทึกผลการทดสอบและ แนวทางแนวทางปรับปรุงชิ้นงาน	B4 การตรวจสอบผลของ การดำเนินงานและ การประเมินความสำเร็จใน การแก้ปัญหา
ขั้นปรับปรุง (Improve)	นักเรียนส่วนใหญ่มีการพูดคุยเกี่ยวกับ การดำเนินงาน ที่ผ่านมามีข้อบกพร่องอย่างไร และในการทำ กิจกรรมกลุ่มครั้งต่อไปจะแก้ปัญหายังไง โดย ประเด็นที่นักเรียนทำ การพูดคุยกันคือ เรื่อง การสร้าง เครื่องยังมี ความบกพร่องอย่างไรบ้าง และมีนักเรียน บางส่วนให้คำแนะนำกับเพื่อนว่าครั้งหน้าจะสร้าง อย่างไรให้ได้ผลสำเร็จ และนักเรียนได้ออกมานำเสนอ ผลการสร้างและแนวทางการแก้ไขให้ผลงานมี ประสิทธิภาพ	A3 การสื่อสารกับสมาชิกใน กลุ่มเกี่ยวกับการกระทำ การแก้ปัญหา

2. ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม)

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วันที่ 19-20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ตั้งแต่เวลา 09.30 น.-11.30 น. และ 12.55 น.-13.55 น. ซึ่งผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แสดงดังนี้

(1) ขั้นถาม (Ask) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องร่วมกันระบุปัญหาโดยอาศัยประสบการณ์ความรู้เดิมที่เคยพบในชีวิตประจำวัน ของสภาพปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยใช้ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและข้อจำกัดที่ต้องปฏิบัติตามที่ต้องพิจารณา รวมทั้งต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบวิธีการแก้ปัญหาหลัก โดยกิจกรรมที่จัดขึ้นในครั้งนี้พบว่าสิ่งเปลี่ยนแปลงขึ้นจากวงจรปฏิบัติที่ 1 เช่น บรรยากาศการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนดีขึ้น คือ ในการระบุปัญหาและการหาแนวทางแก้ไขของนักเรียนนั้นสามารถทำได้ดีขึ้น และนักเรียนเริ่มมีการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น นอกจากนั้น

ชั้นตอนนี้นักเรียนได้มีการแบ่งหน้าที่ตามความเหมาะสมมากขึ้น เพราะคุ้นเคยกับคนในกลุ่มมากขึ้น และเข้าใจการแบ่งงานกันมากขึ้น เช่นเมื่อมีใครแสดงความคิดเห็นก็จะรับฟัง ใครมีหน้าที่ออกแบก็จะทำหน้าที่ของตนเองเป็นอย่างดี เหตุผลดังกล่าวจึงช่วยส่งเสริมต่อการทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อช่วยกันแก้ปัญหา นั่นคือ นักเรียนมีการพูดคุยกันเพื่อระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดเกี่ยวกับปัญหาที่แต่ละคนคิดโดยใช้เหตุผลทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วม ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะ “การแบ่งปันข้อมูล และการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาร่วมกัน” ที่เป็นไปในแนวทางที่ดีขึ้นกว่าการเกิดสมรรถนะดังกล่าวในวงจรปฏิบัติการที่ 1

สมรรถนะ “ค้นพบมุมมองความคิดและความสามารถของสมาชิกในกลุ่ม” พบว่าในวงจรปฏิบัติที่ 1 นักเรียนยังขาดสมรรถนะนี้อยู่เนื่องจากนักเรียนมีการแบ่งหน้าที่โดยการจับฉลากและเลือกตามความเห็นของใครคนใดคนหนึ่ง ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการเข้าไปพูดคุยเกี่ยวกับความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ให้เหมาะสมกับงาน ตัวอย่างเช่น หากนักเรียนแบ่งหน้าที่โดยไม่เหมาะสมกับความสามารถของแต่ละบุคคลงานที่ได้ออกมาก็อาจจะไม่มีประสิทธิภาพ การทำงานก็จะไม่มีความสุขหากได้รับหน้าที่ที่ไม่ตรงกับความสามารถของตนเอง ซึ่งในวงจรปฏิบัตินี้ได้มีการแบ่งหน้าที่ได้อย่างเหมาะสมซึ่งจากการสังเกตการทำกิจกรรมกลุ่มนั้นพบว่านักเรียนทำการแบ่งหน้าที่ในการทำกิจกรรมกลุ่มอย่างมีเหตุผลและเหมาะสมตามความสามารถที่สมาชิกกลุ่มแต่ละคนมี ดังตัวอย่างข้อความในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม และแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2

ขั้นตอน	พฤติกรรมที่สังเกตได้	หมายเหตุ
1. ขั้นตาม (Ask)	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนมีบทพูดคุยกันมากขึ้น กล้าแสดงความคิดเห็น - นักเรียน แบ่งหน้าที่ตามความเหมาะสมตามความสามารถของสมาชิกในกลุ่ม - นักเรียน ร่วมกัน ระบุปัญหาของแต่ละคนในกลุ่มและ ร่วม กันสรุปปัญหา 	

ภาพ 62 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 2, A1, A2, A3

- กลุ่มที่ 5..
1. ชื่อ..... รับหน้าที่เป็น ช่างยนต์คอยอยู่
ทำหน้าที่ ควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้แรงนิวตัน
 2. ชื่อ..... รับหน้าที่เป็น นักจิตวิทยา
ทำหน้าที่ สร้างอุปกรณ์ที่ใช้แรงนิวตัน
 3. ชื่อ..... รับหน้าที่เป็น นักวิทยาศาสตร์
ทำหน้าที่ คิดค้นออกแบบและประกอบที่ใช้
 4. ชื่อ..... รับหน้าที่เป็น ช่างไม้
ทำหน้าที่ วางแผนในการทำอุปกรณ์ที่ใช้แรงนิวตัน
 5. ชื่อ..... รับหน้าที่เป็น นักออกแบบ
ทำหน้าที่ ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้แรงนิวตัน

ภาพ 63 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่
แบบวงกลม, นักเรียนกลุ่มที่ 5, A5

จากภาพจะเห็นได้ว่านอกจากที่นักเรียนจะพัฒนาสมรรถนะ "ค้นพบมุมมองความคิดและความสามารถของสมาชิกในกลุ่ม" แล้วนักเรียนยังสามารถสื่อสารกับสมาชิกกลุ่มเกี่ยวกับการดำเนินการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้นด้วย นั่นคือนักเรียนเกิดสมรรถนะ "สื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการดำเนินงาน" ได้ในระดับที่ดีขึ้นมากกว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1

(2) ขั้นจินตนาการ (Imagine) หลังจากผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหาย่อยได้แล้ว ขั้นนี้นักเรียนระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ อย่างมีระบบเพื่อตอบประเด็นที่สงสัย โดยผ่านการทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม แล้วให้นักเรียนบันทึกลงในใบกิจกรรม โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา ซึ่งจากการสังเกตพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ช่วยกันระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองเพื่อตอบประเด็นที่สงสัยเกี่ยวกับปัญหา ในกิจกรรมนี้การทดลองจะง่ายขึ้นในกว่าวงจรปฏิบัติที่ 1 นักเรียนจะต้องช่วยกันพูดคุยกว่ากับผลที่ได้เพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะ "การแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาร่วมกัน"

พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการแลกเปลี่ยนเกี่ยวกับการหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองเพื่อตอบประเด็นที่สงสัยเกี่ยวกับปัญหา ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะ "การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา"

ร่วมกัน" ดังตัวอย่างข้อความในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังนี้

2. ชั้นจินตนาการ (Imagine)	<ul style="list-style-type: none"> - หักเรื่องผู้ช่วยกัน ทดลอง ทดแกว่งของ เชือก และจับเวลา - มีเพื่อนสมาชิกเสนอว่าให้เปลี่ยนวิธีการแกว่ง แล้วเพื่อนคนอื่นก็นำเสนอในที่สุดแล้วทำการทดลอง - ตอนเห็นการทดลอง มีสมาชิกบางคนเข้าไปช่วยนับการขึ้นที่ทดลอง เพราะยังไม่ชินหน้าเห็นคนอื่น ก็เลยเข้าไปช่วย 	
----------------------------	---	--

ภาพ 64 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 2, A2, A4

(3) ชั้นวางแผน (Plan) เป็นชั้นที่นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 2-3 รายการ คือ การนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ได้รวบรวม วิเคราะห์ ตัดสินทางเลือก จากนั้นร่วมกันระดมความคิดแนวทางที่ดีที่สุดเป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์และสร้างภาพร่างการออกแบบแนวคิดที่เป็นไปได้และที่ดีที่สุดเป็นต้นแบบ 1 แนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาของกลุ่ม จากนั้นพบว่าสมาชิกของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการพูดคุยเกี่ยวกับงานที่ต้องทำให้สำเร็จตามเงื่อนไข และมีการพูดคุยเกี่ยวกับขั้นตอนในการแก้ปัญหาและบันทึกลงในใบกิจกรรมซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะ "การวางแผนการแก้ปัญหา" และ สมรรถนะ "การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ" ดังแสดงในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ดังนี้

ชั้นสอน	พฤติกรรมที่สังเกตได้	หมายเหตุ
3. ชั้นวางแผน (Plan)	<ul style="list-style-type: none"> - หักจับไม้กวาดคุยกับ 1 คน ดึงไม้กวาด จากกรทดลอง มีกลุ่มสมาชิกใน 1 คน คิดว่าควรเปลี่ยนชนิดเชือก ให้แข็งแรง - หักเรื่อง ร่วมกันวางแผนการสำรวจ 	

ภาพ 65 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2, B2, B3

4. แนวทางในการดำเนินการออกแบบและสร้าง สวิงเชือกขนของ (ระบุเป็นข้อๆ)

- 1.) ออกแบบ ผลงาน สวิงเชือกขนของ
- 2.) ร่วมกันแสดงความคิดเห็น และปรับปรุง สิ่งที่จะแก้ไข
- 3.) สร้างผลงาน สวิงเชือกขนของ
- 4.) ทำการทดลอง สวิงเชือกขนของ
- 5.) สรุปผลการทดลอง และปรับปรุงแก้ไขผลงาน

ภาพ 66 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม, นักเรียนกลุ่มที่ 5, B2, B3

นอกจากนั้นในชั้นนี้นักเรียนมีการอธิบายหน้าที่ของแต่ละคนและกฎกติกาของกลุ่มที่ร่วมกันเสนอความคิดเห็น ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะ “การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตนและระเบียบของกลุ่ม” ดังแสดงในแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ดังนี้



1. รับฟังความคิดเห็นของคนในกลุ่ม
2. ไล่ส่งสับตัว
3. สักถามส่าส่าส่าในกาทำงานร่วมกัน
4. จงวนเน้อกันในกลุ่มทำงาน
5. ทั่วหน้าที่ได้โน้มน้าวชวนชวนเอาไว้

ภาพ 67 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม, นักเรียนกลุ่มที่ 7, C2

(4) ชั้นสร้าง (Create) ในชั้นนี้นักเรียนจะต้องสร้างเครื่องยกของที่เป็นรูปแบบที่ดีที่สุดของกลุ่ม ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบที่กำหนด และตามภาพร่างที่กลุ่มออกแบบ ซึ่งพบว่านักเรียนที่รับมอบหมายในการสร้าง รวมถึงสมาชิกคนอื่นๆ ก็ทำหน้าที่ในส่วนที่ตนเองได้รับมอบหมายเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจถึงบทบาทและหน้าที่ของตนเองตามที่กลุ่มมอบหมาย และในชั้นนี้พบว่าทุกกลุ่มสร้างได้เสร็จตามกำหนด และตรงกับภาพร่างที่แต่

ละกลุ่มได้ออกแบบไว้ ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจถึงบทบาทและหน้าที่ของตนเอง ตามที่กลุ่มมอบหมาย นั่นคือนักเรียนมีสมรรถนะ “การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา”

นอกจากนั้นในขั้นการสร้างมีนักเรียนบางคนให้ความคิดเห็นเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการสร้างให้ใช้เชือกที่แข็งแรงทนทาน โดยให้เหตุผลว่าเพื่อจะได้ยกของให้ได้มากที่สุดแล้ว เชือกก็จะไม่ขาดง่าย ซึ่งการกระทำดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะ “สื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการดำเนินงาน” ดังแสดงในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังนี้

4. ขั้นสร้าง (Create)	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนที่ ได้รับ มอบ ใน การสร้าง ก็หันหน้าตัวเอง - นักเรียน กลุ่ม ดึง ดึง ไป แบบ การสร้าง - สมาชิก คนอื่น ๆ หันหน้าตัวเองแล้ว แล้ว ก็ จะ มา ช่วย ดึง ดึง กัน ไม่ เสรี - มีบางคน สมาชิก เหนื่อย ใน เปลี่ยน เชือก ที่ แข็ง แรง เพราะ จะ ใ้ ตี ไม่ ทด ดึง เมื่อ มี ผล เอง 	
-----------------------	---	--

ภาพ 68 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 2, A3, C1

(5) ขั้นการทดสอบ (Experiment) ในขั้นนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินวิธีการแก้ปัญหาจากการทดสอบชิ้นงานของกลุ่ม จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มตัวเอง และจากกลุ่มอื่น ซึ่งในขั้นตอนนี้พบว่านักเรียนได้มีการทำการจดบันทึกผลการทดสอบและแนวทางแนวทางปรับปรุงชิ้นงาน นักเรียนบางกลุ่มที่รับหน้าที่ในการทดสอบแล้วไม่เป็นไปตามที่กลุ่มตั้งเป้าหมายไว้ เพราะทำการทดสอบที่ผิด มีเพื่อนสมาชิกคนหนึ่งให้คำแนะนำว่าควรปรับเปลี่ยนวิธีการทดลองให้ตรงตามของ ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะ “การตรวจสอบ การให้คำแนะนำ และการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของ สมาชิกในกลุ่ม” และ “การตรวจสอบผลของการดำเนินงาน และการประเมินความสำเร็จใน การแก้ปัญหา” ดังตัวอย่างข้อความในแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2

แนวทางการปรับปรุงชั้นงาน

ครั้งที่	ผลการทดสอบ	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข
1	ลำดับที่ 1	- เจ็ทในขางก้าน -
2	ลำดับที่ 3.	- ๓๐% ปลอขลุยก้นว ไม่ต่อขเจช่ารกก

ภาพ 69 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม นักเรียนกลุ่มที่ 7, B4

(6) ชั้นปรับปรุง (Improve) ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องนำผลที่ได้จากการทดสอบไปปรับปรุงการออกแบบ และระบุงการเปลี่ยนแปลงที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะทำและปรับการแก้ไขโดยออกมาอภิปรายและนำเสนอของแต่กลุ่ม ซึ่งในขั้นนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการพูดคุยเกี่ยวกับการดำเนินงานว่าในครั้งต่อไปควรเปลี่ยนหน้าที่ในการทำกิจกรรมกลุ่มบ้าง เช่น อาจจะเปลี่ยนหน้าที่ช่างยนต์ควบคุม เพราะมีเพื่อนที่ถนัดทางด้านนี้ และเพื่อที่ทุกคนในกลุ่มจะได้ทำหน้าที่ที่หลากหลายตามความสามารถที่ตนเองมี ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะ “การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับ การกระทำ การแก้ปัญหา” ดังแสดงในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังนี้

6. ชั้นปรับปรุง (Improve)	<ul style="list-style-type: none"> - นักเจ็ทแล้ว ๓๐% พูดคุยกับสมาชิกในกลุ่ม เกี่ยวกับ การปลอขลุยก้นว ควบคุม ๓๐% ของ เมทอมีเพื่อนบาง คน ๓๐% ๓๐% ก่อ - มี ๓๐% ๓๐% ๓๐% ๓๐% ๓๐% ๓๐% ๓๐% ๓๐% 	
---------------------------	---	--

ภาพ 70 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 2, A3

จากการสังเกตพฤติกรรมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 11

ตาราง 11 แสดงสรุปผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	พฤติกรรมนักเรียน	สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
	ในการระบุปัญหาและการหาแนวทางแก้ไขของนักเรียนนั้นสามารถทำได้ดีขึ้น และนักเรียนเริ่มมีการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น นอกจากนั้นชั้นตอนนี้ นักเรียนได้มีการแบ่งหน้าที่ตามความเหมาะสมมากขึ้น เพราะคุ้นเคยกับคนในกลุ่มมากขึ้น และเข้าใจการแบ่งงานกันมากขึ้น	A2 การแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาร่วมกัน
ขั้นถาม (Ask)	นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ได้อย่างเหมาะสมซึ่งจากการสังเกตการทำกิจกรรมกลุ่มนั้นพบว่านักเรียนทำการแบ่งหน้าที่ในการทำกิจกรรมกลุ่มอย่างมีเหตุผลและเหมาะสมตามความสามารถที่สมาชิกกลุ่มแต่ละคนมี	A1 การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในทีม
	นักเรียนยังสามารถสื่อสารกับสมาชิกกลุ่มเกี่ยวกับการดำเนินการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้นด้วย ได้ในระดับที่ดีขึ้นมากกว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1	A3 การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการกระทำ การแก้ปัญหา
ขั้นจินตนาการ (Imagine)	นักเรียนส่วนใหญ่ช่วยกันระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองเพื่อตอบประเด็นที่สงสัยเกี่ยวกับปัญหา ในกิจกรรมนี้ การทดลองจะง่ายขึ้นในกว่าวงจรปฏิบัติที่ 1 นักเรียนจะต้องช่วยกันพูดคุยกว่ากับผลที่ได้เพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุด	A2 การแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาร่วมกัน
	นักเรียนส่วนใหญ่มีการแลกเปลี่ยนเกี่ยวกับ คำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองเพื่อตอบประเด็นที่สงสัยเกี่ยวกับปัญหา	A4 การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัด การเรียนรู้	พฤติกรรมนักเรียน	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ
ขั้นวางแผน (Plan)	สมาชิกของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการพูดคุยเกี่ยวกับงานที่ต้องทำให้สำเร็จตามเงื่อนไข และมีการพูดคุยเกี่ยวกับขั้นตอนในการแก้ปัญหาและบันทึกลงไปในใบกิจกรรม	B3 การวางแผน การแก้ปัญหา B2 การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ
	นักเรียนมีการอธิบายหน้าที่ของแต่ละคนและกฎกติกาของกลุ่มที่ร่วมกันเสนอความคิดเห็น	C2 การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตนและระเบียบของกลุ่ม
ขั้นสร้าง (Create)	นักเรียนที่รับมอบหมายในการสร้าง รวมถึงสมาชิกคนอื่น ๆ ก็ทำหน้าที่ในส่วนที่ตนเองได้รับมอบหมายเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจถึงบทบาทและหน้าที่ของตนเองตามที่กลุ่มมอบหมาย และในขั้นนี้พบว่าทุกกลุ่มสร้างได้เสร็จตามกำหนด และตรงกับภาพร่างที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบไว้	C1 การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา
	ขั้นการสร้างมีนักเรียนบางคนให้ความคิดเห็นเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการสร้างให้ใช้เชือกที่แข็งแรงทนทาน โดยให้เหตุผลว่าเพื่อจะได้ยกของให้ได้มากที่สุดแล้วเชือกก็จะได้ไม่ขาดง่าย	A3 การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการกระทำ การแก้ปัญหา
ขั้นการทดสอบ (Experiment)	นักเรียนบางกลุ่มที่รับหน้าที่ในการทดสอบแล้วไม่เป็นไปตามที่กลุ่มตั้งเป้าหมายไว้ เพราะทำการทดสอบที่ผิด มีเพื่อนสมาชิกคนหนึ่งให้ข้อเสนอแนะว่าควรปรับเปลี่ยนวิธีการทดลองให้ตรงตามแบบ	C4 การตรวจสอบ การให้คำแนะนำ และการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม
	นักเรียนได้มีการทำการจดบันทึกผลการทดสอบและแนวทางแนวทางปรับปรุงชิ้นงาน	B4 การตรวจสอบผลของการดำเนินงานและการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัด การเรียนรู้	พฤติกรรมนักเรียน	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ
ขั้นปรับปรุง (Improve)	นักเรียนส่วนใหญ่มีการพูดคุยเกี่ยวกับ การดำเนินงาน ว่าในครั้งต่อไปควรเปลี่ยนหน้าที่ในการทำกิจกรรม กลุ่มบ้าง เช่น อาจจะเปลี่ยนหน้าที่ช่างยนต์ควบคุม เพราะมีเพื่อนที่ถนัดทางด้านนี้ และเพื่อที่ทุกคนในกลุ่มจะได้ทำหน้าที่ที่หลากหลายตามความสามารถ ของตนเอง	A3 การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่ม เกี่ยวกับการกระทำ การแก้ปัญหา

3. ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น)

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วันที่ 26 - 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ตั้งแต่เวลา 09.30 น.-11.30 น. และ 12.55 น.-13.55 น. ซึ่งผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แสดงดังนี้

(1) ขั้นถาม (Ask) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องร่วมกันระบุปัญหาโดยอาศัยประสบการณ์ความรู้เดิมที่เคยพบในชีวิตประจำวัน ของสภาพปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยให้ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบสั่น และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและข้อจำกัดที่ต้องปฏิบัติตามที่ต้องพิจารณา โดยกิจกรรมที่จัดขึ้นในครั้งนี้พบว่า มีสิ่งที่เปลี่ยนแปลงขึ้นจากวงจรปฏิบัติที่ 2 คือ นักเรียนในแต่ละกลุ่มมีความกระตือรือร้นในการระบุปัญหาจากสถานการณ์เกี่ยวกับการสร้างชิงช้า เนื่องจากสถานการณ์นี้เป็นสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคย พบเห็นในชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนมีความสนใจมากยิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับสถานการณ์ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย และจากการสังเกตพฤติกรรมเพื่อประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือพบว่านักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในระดับที่ดีขึ้นกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังนี้ นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันมากขึ้นในการร่วมกันระบุประเด็นปัญหา โดยนักเรียนจะเขียนความคิดเห็นของแต่ละคนลงไปใบบันทึกกิจกรรมและร่วมกันสรุปเป็นความคิดเห็นรวมของกลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังคงมีสมรรถนะ “การแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหา ร่วมกัน”

หน้าที่ของสมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ: [redacted] รับหน้าที่เป็น ผู้บันทึก
 เพราะ มีความตั้งใจที่จะสามารถควบคุมการทำงานของทีม
มีหน้าที่วางแผนการทำงานในโครงสร้างซึ่งซ้ำ
2. ชื่อ: [redacted] รับหน้าที่เป็น ผู้คอยคุม
 เพราะ มีความสามารถในทางวางแผนการทำงานประสานและมีความคิดสร้างสรรค์ในการ
มีหน้าที่คอยคุมซึ่งซ้ำให้มีความสอดคล้องโดยอิงประจักษ์นัย
3. ชื่อ: [redacted] รับหน้าที่เป็น นักวิจารณ์
 เพราะ มีความกล้าหาญและปฏิบัติกิจกรรม
มีหน้าที่คิดวิธีการที่จะให้ซ้ำใจได้นานและสัมพันธ์กัน
4. ชื่อ: [redacted] รับหน้าที่เป็น ช่างก่อสร้าง
 เพราะ มีความสามารถในการเลือกและรังสรรค์วัสดุอุปกรณ์ ในการสร้างอุปกรณ์ต่างๆ
มีหน้าที่สร้างซึ่งซ้ำตามหน้าที่คอยคุมและวิจารณ์กัน
5. ชื่อ: [redacted] รับหน้าที่เป็น ช่างก่อสร้าง
 เพราะ มีความสามารถในการเลือกและรังสรรค์วัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์
มีหน้าที่สร้างซึ่งซ้ำใหม่ไปทดสอบต่อจนกระทั่งงานสำเร็จ

ภาพ 72 ตัวอย่างการบันทึกแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 นักเรียนกลุ่มที่ 5, C2

(2) ขั้นจินตนาการ (Imagine) หลังจากผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหาย่อยได้แล้ว ขั้นนี้ผู้เรียนระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ อย่างมีระบบเพื่อตอบประเด็นที่สงสัย โดยผ่านการทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบสั่น หาความสัมพันธ์ความยาวเชือกกับความถี่และคาบ แล้วให้นักเรียนบันทึกลงในใบกิจกรรม โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหา จากการสังเกตในขั้นตอนนี้พบว่า นักเรียนที่ทำหน้าที่ในการทดลองเพื่อหาแนวคิดในการสร้างซึ่งซ้ำสามารถทำหน้าที่ของตัวเองเป็นอย่างดีเกี่ยวกับการหาว่าความสัมพันธ์ของความยาวเชือกกับความถี่และคาบอย่างไร และอะไรอีกที่ให้ซึ่งซ้ำแกว่งซ้ำ นักเรียนบางส่วนที่ได้รับหน้าที่ในการคำนวณและทางฟิสิกส์ทำหน้าที่ของตัวเองเป็นอย่างดีตามที่ได้ตกลงกันไว้ในตอนแรก ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะ “การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา” แต่ในระหว่างการคำนวณอยู่นั้นพบว่า มีนักเรียนบ้างกลุ่มจับเวลาแล้วนำมาคำนวณหาคาบและความถี่ผิดพลาด กล่าวคือ นักเรียนที่ได้รับหน้าที่

คำนวณไม่ได้ นำเวลาที่จับได้จากการจับเวลา มาคิดเทียบหาเวลา 1 วินาที มวลแกว่งได้กี่รอบ โดยนำเวลาและจำนวนรอบที่จับได้มาบันทึกเป็นความถี่ ทำให้เพื่อนสมาชิกคนอื่นในกลุ่มสังเกตเห็นว่าเพื่อนสมาชิกที่ทำหน้าที่ในการคำนวณไม่ได้ นำค่าที่ได้มาเทียบหาค่าใหม่ ดังนั้นจึงทำการทักท้วงกับเพื่อนว่าสามารถทำได้หรือใหม่ว่าการหาความถี่และคาบหาได้อย่างไรและมีความหมายว่าอย่างไร ซึ่งผลปรากฏว่าเพื่อนคนดังกล่าวไม่สามารถทำได้ ทำให้เพื่อนคนดังกล่าวต้องอธิบายความหมายของความถี่และคาบให้เพื่อนสมาชิกคนดังกล่าวฟัง นอกจากนี้แล้วยังมีนักเรียนบางคนสอบถามถึงการทำการทดลองว่าเป็นไปผลการทดลอง ตามหลักการหรือไม่ ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนมีสมรรถนะ "การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาาร่วมกัน" ดังแสดงในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ดังนี้

<p>2. ชั้นจินตนาการ (Imagine)</p>	<p>- นักเรียนที่ได้รับหน้าที่ไปทดลอง ทำหน้าที่วัดเวลาดูของบด รวมกับ ผู้ที่หาค่าความถี่และคาบที่หาค่าไม่ได้ นักเรียนที่ได้รับมอบหมาย</p> <p>- มีครูทำแผนความถี่ มีผลลัพท์ในบางกลุ่ม โดยนักเรียนกลุ่มดังกล่าว หาค่าไม่ได้ หาค่าไม่ได้เห็นกับ เวลา 1 วินาที มาบันทึกบนเลข จึงมีสมาชิกมีทรทักท้วง ลองถามเพื่อนคนดังกล่าว ถึงความหมายของความถี่ว่าคืออะไร แต่เพื่อนชี้ไม่ได้ นักเรียนจึงนำค่าของคาบไปเพิ่มเข้าไป และร่วมกันดำเนินการแก้ค่าความถี่</p>	
-----------------------------------	--	--

ภาพ 73 ตัวอย่างการบันทึก แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 3, A4, C1

(3) ชั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 2-3 รายการ คือ การนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ได้รวบรวม วิเคราะห์ ตัดสินทางเลือก จากนั้นร่วมกันระดมความคิดแนวทางที่ดีที่สุดในการสร้างชิงช้า ที่เป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์และสร้างภาพร่างการออกแบบชิงช้าที่เป็นแนวคิดที่เป็นไปได้และที่ดีที่สุดเป็นต้นแบบ 1 แนวคิด จากขั้นนี้พบว่า นักเรียนมีการสื่อสารกันภายในกลุ่มในการเลือกรูปแบบการสร้างชิงช้าที่เป็นไปตามเงื่อนไข และมีการพูดคุยเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้จากผลการทดลองในขั้นตอนจินตนาการ เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นนักเรียนได้มีการบันทึกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรม ซึ่งจากการสังเกตพบว่านักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกด้วยความตั้งใจ การพูดคุยเป็นไปอย่าง

สนุกสนานและเป็นกันเองมากขึ้นเนื่องจากเป็นเพื่อนกลุ่มเคยทำงานร่วมกันมาก่อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะ “การวางแผนการแก้ปัญหา” และ “การค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้บรรลุเป้าหมาย” ดังแสดงในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ดังนี้

ขั้นตอน	พฤติกรรมที่สังเกตได้	หมายเหตุ
3. ขั้นวางแผน (Plan)	<ul style="list-style-type: none"> - หักเรื่องนมักพูดคุยกัน ด้วยความสนุกสนาน - มีทีท่าร่วมกันวางแผนว่าจะทำอะไร - ใช้น้ำโป๊พม 15% นี้ใจ โดย 1 คนพา 1 คนตอน การสลับ การตักน้ำตัก - มีทีท่าสน ๑๑ แพร่ดีดีที่จะ หักน้ำซึ่งใช้สลับ และหาช่องเข้า โดยใช้ความยาวเชือกที่แขวน ซึ่งใช้น้ำตัก เพื่อจะได้ไม่หกน้ำ 	

ภาพ 74 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 3, B1, B3

(4) ขั้นสร้าง (Create) ขั้นนี้นักเรียนจะต้องสร้างชิงช้าที่เป็นรูปแบบที่ดีที่สุดของกลุ่ม ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบที่กำหนด และตามภาพร่างที่กลุ่มออกแบบ ซึ่งพบว่าบางกลุ่มส่วนใหญ่สมาชิกที่ทำหน้าที่เป็นหัวหน้ากลุ่มจะพูดคุยกับสมาชิกว่าให้สร้างชิงช้าต้องเป็นไปตามภาพร่างการออกแบบ เพื่อให้งานสำเร็จตามที่วางไว้แบ่งหน้าที่ในการช่วยกันสร้างชิงช้า นักเรียนที่รับมอบหมายในการสร้าง รวมถึงสมาชิกคนอื่นๆ ก็ทำหน้าที่ในส่วนที่ตนเองได้รับมอบหมายเป็นอย่างดี กล่าวคือ ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจถึงบทบาทและหน้าที่ของตนเองตามที่กลุ่มมอบหมาย ในระหว่างการสร้างชิงช้านักเรียนผู้ที่ทำหน้าที่ในการสร้าง พบปัญหาว่ารูปแบบในภาพร่างต้องมีการปรับเปลี่ยนมวลงบางส่วนเพื่อให้ชิงช้าไกวช้าๆ ภายในกลุ่มจึงมีการพูดคุยกันและได้ปรับรูปแบบชิงช้าใหม่ คือนักเรียนมีสมรรถนะ “การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการกระทำการแก้ปัญหา” และ “การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ” ดังแสดงในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 3

นอกจากนั้นแล้วพบว่าในขณะที่นักเรียนบางคนที่ทำหน้าที่ในการสร้างชิงช้าแล้วไม่เป็นไปตามภาพร่างของกลุ่ม มีเพื่อนสมาชิกคนหนึ่งให้ข้อเสนอแนะว่าควรปรับเปลี่ยนให้ตรงภาพร่างเนื่องจากไม่มีเวลามาก ดังนั้นควรจะเปลี่ยนมาเป็นรูปแบบที่มีการตกลงกันได้ภายในกลุ่ม และให้เพื่อนที่รับหน้าที่อื่นๆ มาช่วยกันเก็บอุปกรณ์ และทำความสะอาด เพื่อให้ทันระยะเวลาใน

คาบเรียน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะ “การตรวจสอบ การให้คำแนะนำ และการปรับปรุง บทบาทหน้าที่ของ สมาชิกในกลุ่ม” ดังแสดงในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในวงจร ปฏิบัติการที่ 3 ดังนี้

4. ขั้นสร้าง (Create)	<ul style="list-style-type: none"> - วงกลุ่มนี้เข้าพูดคุยกับสมาชิกในทบทวน จุดนี้ตอนการสร้าง รวมถึงบทบาทหน้าที่ สมาชิกทุกคนต่างทำหน้าที่ของตัวเอง ตามที่ได้รับมอบหมาย - มีนักเรียนที่ทำหน้าที่สร้างต้องมาปรับปรุง เปลี่ยนงาพด พลมวล จึงได้มีครูพูด ดุจแลค เปลี่ยนตามคิดเห็นกัน - ได้ปรับปรุงเปลี่ยนแปลง บางส่วน - มีนักเรียนบางคนทำหน้าที่ในทบทวน สร้างปรับปรุงเปลี่ยนแปลง จึงใช้เพื่อน ในกลุ่มจึงบอกกันให้ปรับปรุงตามสภาพ ทั้งนั้นก็อาจจะไม่ทัน แล้วเป็นรูปแบบที่มีครูตกลงกัน แล้วในเมื่อตนเองทำหน้าที่เสร็จแล้วมาช่วยสร้าง 	
-----------------------	---	--

ภาพ 75 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจร ปฏิบัติการที่ 3, A3, B2, C4

(5) ขั้นการทดสอบ (Experiment) ในขั้นนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินวิธีการแก้ปัญหาจากการทดสอบซึ่งซ้ำที่สร้างขึ้นของกลุ่ม จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มตัวเองและจากกลุ่มอื่น ซึ่งในขั้นตอนนี้พบว่านักเรียนได้มีการทำการจดบันทึกผลการทดสอบ และแนวทางแนวทางปรับปรุงชิ้นงาน และจากการสังเกตพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการช่วยกันทดสอบซึ่งซ้ำ ด้วยความกระตือรือร้นและให้ความสนใจในการทดสอบ มีเพื่อนสมาชิกที่ทำหน้าที่ในการทดสอบได้ใช้วิธีการทดสอบตามข้อตกลงของกลุ่มไว้ ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะ “การตรวจสอบผลของการดำเนินงานและการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา” และ “การทำตามกฎระเบียบของกลุ่ม ที่ตกลงร่วมกัน” ดังตัวอย่างข้อความในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอน	พฤติกรรมที่สังเกตได้	หมายเหตุ
5. ขั้นตอนทดสอบ (Experiment)	- นักเรียงนทุกกลุ่มทำตามกระตือรือร้น ในกรทำกิจกรรมที่ตลอด ใช้ตามสนใจ ในกรร่วมกันในเชิงช่างของอุปกรณ์ ได้ตอน แล้วคิดว่ากลุ่มจะด้วยชณะ เพศเป็นไปตามใจ - ผู้ที่เห็นหน้าในกรทดสอบได้ให้ ตามที่กลุ่มได้ตกลงกันไว้	

ภาพ 76 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจร
ปฏิบัติการที่ 3, B4, C3

(6) ขั้นปรับปรุง (Improve) ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องนำผลที่ได้จากการทดสอบ
ไปปรับปรุงการออกแบบ และระบุงการเปลี่ยนแปลงที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะทำและปรับการแก้ไขโดย
ออกมาอภิปรายและนำเสนอของแต่กลุ่ม ซึ่งในการสังเกตขั้นนี้พบว่า นักเรียนที่ทำหน้าใน
การนำเสนอก็จะทำหน้าที่นำเสนอตามที่กลุ่มได้ตกลงกันไว้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะ
"การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา" ดังแสดงในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหา
แบบร่วมมือในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ดังนี้

6. ขั้นปรับปรุง (Improve)	- นักเรียงนคนเห็น เสนอ ผล ออกมา นำเสนอ โดยตามเดิมใจ บางกลุ่มมีกรทอน รับ ห้จะ เสี เสนอให้ เพื่อนสมาชิก	
------------------------------	--	--

ภาพ 77 ตัวอย่างการบันทึกแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือวงจร
ปฏิบัติการที่ 3, C1

จากการสังเกตพฤติกรรมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนจากวงจร
ปฏิบัติการที่ 3 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 12

ตาราง 12 แสดงสรุปผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้จากการสังเกต
พฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอน การจัด การเรียนรู้	พฤติกรรมนักเรียน	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ
ขั้นถาม (Ask)	นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันมากขึ้นใน การร่วมกันระบุประเด็นปัญหา โดยนักเรียนจะเขียน ความคิดเห็นของแต่ละคนลงไป ในกิจกรรมและ รวมกันสรุปเป็นความคิดเห็นรวมของกลุ่ม	A2 การแบ่งปันข้อมูลและ การเจรจาเกี่ยวกับการทำ ความเข้าใจปัญหาร่วมกัน
	นักเรียนมีความคุ้นเคยกับเพื่อนสมาชิกภายในกลุ่มทำให้ มีการพูดคุยกับเพื่อนสมาชิกเกี่ยวกับการแบ่งหน้าที่ใน การดำเนินการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ทัน ในระยะเวลาที่กำหนด	A1 การค้นพบมุมมองและ ความสามารถของสมาชิกในทีม
	หัวหน้ากลุ่มบางกลุ่มทำหน้าที่ในการระบุภาระงานตาม หน้าที่ที่ได้รับมอบหมายตามที่ตกลงกันได้ รวมทั้งช่วยกัน ระบุกฎ กติกาการดำเนินงานของกลุ่ม แล้วจดบันทึกลง ในใบกิจกรรม	C2 การอธิบายบทบาทหน้าที่ของ ตนและระเบียบของกลุ่ม
ขั้นจินตนาการ (Imagine)	นักเรียนที่ทำหน้าที่ในการทดลองเพื่อหาแนวคิดใน การสร้างชิ้นงานสามารถทำหน้าที่ของตนเองเป็นอย่างดี เกี่ยวกับการหาความสัมพันธ์ของความยาวเชือกกับ ความถี่และคาบอย่างไร และอะไรอีกที่ให้ชิ้นงานกว้างช้า นักเรียนบางส่วนที่ได้รับหน้าที่ในการคำนวณและทาง ฟิสิกส์ก็ทำหน้าที่ของตนเองเป็นอย่างดีตามที่ได้ตกลงกัน ไว้ในตอนแรก	C1 การเข้าใจบทบาทหน้าที่ใน การแก้ปัญหา
	นักเรียนบางคนในกลุ่มที่ทำหน้าที่ในการคำนวณ ผิดพลาด จึงมีเพื่อนในกลุ่มช่วยถามเพื่อทบทวน ความเข้าใจ แต่เพื่อนที่ทำหน้าที่คำนวณจำไม่ได้ เพื่อน คนดังกล่าวจึงช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้	A4 การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา ร่วมกัน
ขั้นวางแผน (Plan)	นักเรียนมีการสื่อสารกันภายในกลุ่มในการเลือกรูปแบบ การสร้างชิ้นงานที่เป็นไปตามเงื่อนไข และมีการพูดคุย เกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้จากผลการทดลองใน ขั้นตอนนี้จินตนาการ เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มตัดสินใจเลือก	B3 การวางแผนการแก้ปัญหา B1 การค้นพบความสัมพันธ์แบบ

ตาราง 12 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัด การเรียนรู้	พฤติกรรมนักเรียน	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ
	วิธีการที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นนักเรียนได้มีการบันทึกวิธี ดำเนิน การแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรม การพูดคุยเป็นไป อย่างสนุกสนานและเป็นกันเองมากขึ้นเนื่องจากเป็น เพื่อนกลุ่มเคยทำงานร่วมกันมาก่อน	ร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่ เกิดขึ้นให้ บรรลุเป้าหมาย
ขั้นสร้าง (Create)	สมาชิกที่ทำหน้าที่เป็นหัวหน้ากลุ่มจะพูดคุยกับสมาชิก ว่าให้สร้างชิงช้าต้องเป็นไปตามภาพร่างการออกแบบ เพื่อให้งานสำเร็จตามที่วางไว้แบ่งหน้าที่ในการช่วยกัน สร้างชิงช้า นักเรียนที่รับมอบหมายในการสร้าง รวมถึง สมาชิกคนอื่นๆ ก็ทำหน้าที่ในส่วนที่ตนเองได้รับ มอบหมายเป็นอย่างดี	B2 การระบุและอธิบายงานที่ต้อง ทำให้สำเร็จ
	ในระหว่างการสร้างชิงช้านักเรียนผู้ที่ทำหน้าที่ในการสร้าง พบปัญหาว่ารูปแบบในภาพร่างต้องมีการปรับเปลี่ยน มวลงบางส่วนเพื่อให้ชิงช้าไกวช้าๆ ภายในกลุ่มจึงมี การพูดคุยกันและได้ปรับรูปแบบชิงช้าใหม่	A3 การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่ม เกี่ยวกับการกระทำการแก้ปัญหา
	ในขณะที่นักเรียนบางคนรับหน้าที่ในการสร้างชิงช้า แล้วไม่เป็นไปตามภาพร่างของกลุ่ม มีเพื่อนสมาชิกคน หนึ่งให้ข้อเสนอแนะว่าควรปรับเปลี่ยนให้ตรงภาพร่าง เนื่องจากไม่มีเวลามาก ดังนั้นควรจะเปลี่ยนมาเป็น รูปแบบที่มีการตกลงกันได้ภายในกลุ่ม และให้เพื่อนที่รับ หน้าที่อื่นๆ มาช่วยกันเก็บอุปกรณ์ และทำความสะอาด เพื่อให้ทันระยะเวลาในคาบเรียน	C4 การตรวจสอบ การให้ คำแนะนำ และการปรับปรุง บทบาทหน้าที่ของ สมาชิกใน กลุ่ม
ขั้นการทดสอบ (Experiment)	นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการช่วยกันทดสอบชิงช้า ด้วย ความกระตือรือร้นและให้ความสนใจใน การทดสอบ มีเพื่อนสมาชิกที่ทำหน้าที่ในการทดสอบได้ใช้วิธีการ ทดสอบตามข้อตกลงของกลุ่มไว้	B4 การตรวจสอบผลของ การดำเนินงานและการประเมิน ความสำเร็จในการแก้ปัญหา C3 การทำ ตามกฎระเบียบของ กลุ่ม ที่ตกลงร่วมกัน
	ขั้นปรับปรุง (Improve)	นักเรียนที่ทำหน้าที่ในการนำเสนอก็จะทำหน้าที่นำเสนอ ตามที่กลุ่มได้ตกลงกันได้

ผลจากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนที่แสดงถึงสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 13

ตาราง 13 แสดงสรุปผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3
การสร้างและเก็บความเข้าใจที่มีร่วมกัน			
A1 การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในทีม		✓	✓
A2 การแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาาร่วมกัน	✓	✓	✓
A3 การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการกระทำ การแก้ปัญหา	✓	✓	✓
A4 การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกัน		✓	✓
การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา			
B1 การค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้ บรรลุเป้าหมาย			✓
B2 การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ		✓	✓
B3 การวางแผนการแก้ปัญหา		✓	✓
B4 การตรวจสอบผลของการดำเนินงานและการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา	✓	✓	✓
การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม			
C1 การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา	✓	✓	✓
C2 การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตนและระเบียบของกลุ่ม	✓	✓	✓
C3 การทำ ตามกฎระเบียบของกลุ่ม ที่ตกลงร่วมกัน	✓	✓	✓
C4 การตรวจสอบ การให้คำแนะนำ และการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของ สมาชิกในกลุ่ม		✓	✓

จากตาราง 13 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจาก วงจรปฏิบัติการที่ 1-3 มากขึ้นเรื่อยๆ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนเกิดสมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในสมรรถนะย่อยเพียงไม่กี่สมรรถนะ แต่เมื่อถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้และสมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไปในแนวทางที่ดีขึ้น ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือครบทุกสมรรถนะย่อย นอกจากผลการสังเกตของผู้วิจัยในการสังเกตพฤติกรรมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 ผู้วิจัยยังมีการวิเคราะห์พฤติกรรมนักเรียนแบบรายบุคคลจากผลการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาด้วยการใช้แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นดังแสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

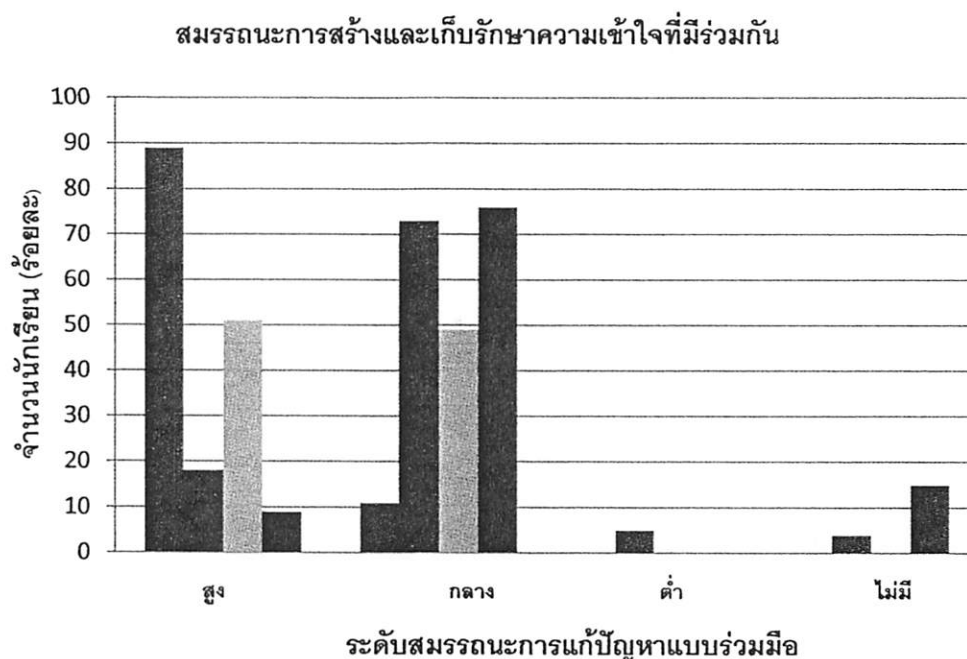
2.2 สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เมื่อผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ จนเสร็จสิ้นทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการนั้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้วภายหลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ในวันที่ 2 มีนาคม พ.ศ.2563 เวลา 14.00-14.45 น. ซึ่งผลการทดสอบสามารถแสดงได้ดังนี้

ตาราง 14 แสดงระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนโดยการใช้แบบทดสอบ
วัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	ร้อยละจำนวนนักเรียนที่ระดับสมรรถนะต่างๆ			
	สูง	กลาง	ต่ำ	ไม่มี
1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน				
- การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในที่	89	11	0	0
- การแบ่งปันข้อมูล และการเจรจาเกี่ยวกับการทำ ความเข้าใจปัญหา ร่วมกัน	18	73	5	4
- การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับ การกระทำ การแก้ปัญหา	51	49	0	0
- การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกัน	9	76	0	15
2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา				
- การค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้ บรรลุเป้าหมาย	20	76	4	0
- การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ	16	76	0	8
- การวางแผนการแก้ปัญหา	13	65	22	0
- การตรวจสอบผลของการดำเนินงานและการประเมินความสำเร็จใน การแก้ปัญหา	22	76	0	2
3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
- การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา	27	33	40	0
- การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตน และระเบียบของกลุ่ม	84	0	0	16
- การทำ ตามกฎระเบียบของกลุ่ม ที่ตกลงร่วมกัน	93	0	0	7
- การตรวจสอบ การให้คำแนะนำ และการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของ สมาชิกในกลุ่ม	67	2	20	11

จากตารางที่ 14 แสดงร้อยละจำนวนของนักเรียนที่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในระดับต่างๆ แบบภาพรวม แต่เมื่อพิจารณาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือแยกแต่ละสมรรถนะย่อย สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้



ภาพ 78 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีระดับสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน

- หมายเหตุ :
- การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในทีม
 - การแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาร่วมกัน
 - การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการกระทำการแก้ปัญหา
 - การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกัน

จากภาพที่ 78 จะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน อยู่ในระดับสูงและระดับกลาง โดยเฉพาะในส่วนของสมรรถนะย่อย คือ สมรรถนะ “การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในทีม” และ “การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการกระทำการแก้ปัญหา” พบว่ามีนักเรียนจำนวนร้อยละ 89 และ 51 มีสมรรถนะที่ระดับสูง ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่านักเรียนทุกคนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสามารถอธิบายบทบาทหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่มในการรับหน้าที่ในการดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมตามความสามารถของสมาชิกแต่ละคน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือดังนี้

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนแบ่งหน้าที่การทำงานของสมาชิกในกลุ่มพร้อมอธิบายเหตุผล (หัวหน้าทีม ผู้ออกแบบ ผู้ประดิษฐ์ ผู้คำนวณ ผู้ประเมินสถานการณ์)

.....
 ฟ → หัวหน้าทีม เพราะ ผู้ประเมินสถานการณ์ เพราะ มีเหตุผลที่ถูกต้อง และ ข้อดีรอบคอบ และ ช่างสังเกต
 เอ็ม → ผู้คำนวณ เพราะ มีความสามารถด้านคณิตศาสตร์ และ มีทักษะในการคำนวณ
 ที → ผู้ประดิษฐ์ เพราะ มีความสามารถด้านเทคโนโลยี และ ชอบซ่อมอุปกรณ์
 เอ → ผู้ออกแบบ เพราะ มีความสามารถด้านกราฟิก

ภาพ 79 ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 11

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนแบ่งหน้าที่การทำงานของสมาชิกในกลุ่มพร้อมอธิบายเหตุผล (หัวหน้าทีม ผู้ออกแบบ ผู้ประดิษฐ์ ผู้คำนวณ ผู้ประเมินสถานการณ์)

.....
 ขวัญฟ้า → หัวหน้าทีม เพราะ มีความสามารถด้านกราฟิก
 ดอกรัณษา → ผู้ออกแบบ เพราะ มีความสามารถด้านเทคโนโลยี
 จิระดิษฐ์ → ผู้ประดิษฐ์ เพราะ ชอบซ่อมอุปกรณ์ มีความสามารถด้านเทคโนโลยี
 คานวณ → ผู้คำนวณ เพราะ มีความสามารถด้านคณิตศาสตร์
 ประเมินสถานการณ์ → ผู้ประเมินสถานการณ์ เพราะ มีความสามารถด้านนิสติกส์ มีเหตุผล รอบคอบ

ภาพ 80 ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 25

จากคำตอบของนักเรียนจะเห็นว่านักเรียนสามารถแบ่งหน้าที่ในการดำเนินการแก้ปัญหาที่ถูกต้องและเหมาะสมตามความสามารถที่มีของสมาชิกกลุ่ม ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจว่าเพื่อนสมาชิกภายในกลุ่มมีความสามารถด้านใดและควรได้รับมอบหมายทำหน้าที่อะไรเพื่อร่วมกันทำงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและมีประสิทธิภาพ ซึ่งแสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะ “การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในทีม” ส่วนสมรรถนะ “การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการระทำการแก้ปัญหา” นั้นพบว่านักเรียนส่วนใหญ่เลือกคำตอบที่บ่งบอกว่านักเรียนเห็นความสำคัญของการสื่อสารกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม ในกรณีที่ไม่มีเพื่อนสมาชิกความคิดเห็นเกี่ยวกับการดำเนินงานบางอย่างที่นักเรียนเกิดความสงสัยก็จะให้เพื่อนสมาชิกช่วยเสนอความคิดเห็น เหตุผล ถ้าความคิดเห็นนั้นได้รับการยอมรับของสมาชิกคนอื่นๆ ในกลุ่มก็ดำเนินการต่อ ตามบทบาทหน้าที่ของแต่ละคนในกลุ่มที่ได้ทำการตกลงกันตั้งแต่แรก

ในส่วนสมรรถนะ “การแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหา ร่วมกัน” นั้นพบว่า มีเพียงนักเรียนจำนวนร้อยละ 18 ที่มีสมรรถนะในระดับสูงและอีกร้อยละ 73 ของนักเรียน มีสมรรถนะที่ระดับกลาง โดยตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่บ่งบอกความแตกต่างของสมรรถนะในระดับสูงและกลางคือ ในระดับสมรรถนะสูงนั้น ในการสร้างความเข้าใจที่มีร่วมกัน ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่เพื่อนในกลุ่มเกิดความเข้าใจผิดเกี่ยวกับประเด็นปัญหา สิ่งที่นักเรียนซึ่งเป็นผู้ที่เข้าใจปัญหา จะต้องทำคือ นักเรียนต้องมีการแบ่งปันข้อมูลความเข้าใจของตนเองแก่เพื่อนคนที่เข้าใจปัญหาผิดด้วยความเต็มใจและไม่ต้องรอให้เพื่อนคนอื่นชี้แจงข้อมูลเหล่านั้นกับเพื่อนคนดังกล่าว ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ดังนี้

2. ถ้าในระหว่างการดำเนินการเพื่อระบุประเด็นปัญหาสะพานขาด พบว่าสมาชิกในกลุ่มตอนนี้มีความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาสะพานขาดและสิ่งที่จะต้องดำเนินการแก้ปัญหาโดยการทำให้สะพานไม่เกิดการสั่นพ้อง ที่ไม่ตรงกัน ในฐานะที่นักเรียนเป็นสมาชิกกลุ่ม นักเรียนจะจัดการกับปัญหานี้อย่างไร
รับฟังปัญหาที่แต่ละคนไม่เข้าใจและสรุปเกี่ยวกับปัญหาสะพานขาดในสังคมในกลุ่มให้ชัดเจน
เข้าใจตรงกัน

ภาพ 81 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 32

2. ถ้าในระหว่างการดำเนินการเพื่อระบุประเด็นปัญหาสะพานขาด พบว่าสมาชิกในกลุ่มตอนนี้มีความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาสะพานขาดและสิ่งที่จะต้องดำเนินการแก้ปัญหาโดยการทำให้สะพานไม่เกิดการสั่นพ้อง ที่ไม่ตรงกัน ในฐานะที่นักเรียนเป็นสมาชิกกลุ่ม นักเรียนจะจัดการกับปัญหานี้อย่างไร
ฟังอธิบาย สิ่งสำคัญเข้าใจถึง

ภาพ 82 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะกลาง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 38

ส่วนสมรรถนะ “การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกัน” พบว่านักเรียนส่วนใหญ่จำนวนร้อยละ 9 มีสมรรถนะในระดับสูง และนักเรียนจำนวนร้อยละ 76 มีสมรรถนะในระดับกลาง ซึ่งความแตกต่างจากการแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำ

ความเข้าใจปัญหาร่วมกัน ก็คือ ในการตรวจสอบและปรับปรุงความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกันจะเกี่ยวกับในระหว่างการดำเนินงานการแก้ปัญหากรณีที่เพื่อนมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับหน้าที่ที่ได้รับ โดยตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่บ่งบอกความแตกต่างของสมรรถนะในระดับสูงและกลางคือ ในระดับสมรรถนะสูงนั้น นักเรียนจะต้องมั่นใจก่อนว่าเพื่อนสมาชิกมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ เมื่อแน่ใจแล้วทำการซักถามถึงหน้าที่ที่เพื่อนคนดังกล่าวได้รับมอบหมายตามความคิดเห็นของกลุ่ม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของเพื่อนและเป็นการทำให้นักเรียนมั่นใจว่าเพื่อนมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ของตนเอง จากนั้นจึงอธิบายบทบาทหน้าที่ที่ถูกต้องให้เพื่อนคนดังกล่าวเข้าใจ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือดังนี้

4. ในระหว่างที่กลุ่มของนักเรียนกำลังจะเริ่มดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาโดยการระบุประเด็นปัญหา ผลกระทบและสาเหตุของปัญหา แล้วนักเรียนสังเกตเห็นว่าเพื่อนของนักเรียนมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับหน้าที่ที่ได้รับ นักเรียนจะอย่างไรและทำในช่วงเวลาใด (ทันทีที่สังเกตเห็นหรือปล่อยเวลาไปสักพักจนแน่ใจมากกว่านี้)

.....ฉันตั้งใจจะ..... ปล่อยให้เวลาผ่านไปสักพักก่อน แล้วค่อยอธิบายให้เพื่อนคน
.....หน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย..... ที่จดจำได้พอละครู่หนึ่ง

ภาพ 83 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 26

4. ในระหว่างที่กลุ่มของนักเรียนกำลังจะเริ่มดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาโดยการระบุประเด็นปัญหา ผลกระทบและสาเหตุของปัญหา แล้วนักเรียนสังเกตเห็นว่าเพื่อนของนักเรียนมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับหน้าที่ที่ได้รับ นักเรียนจะอย่างไรและทำในช่วงเวลาใด (ทันทีที่สังเกตเห็นหรือปล่อยเวลาไปสักพักจนแน่ใจมากกว่านี้)

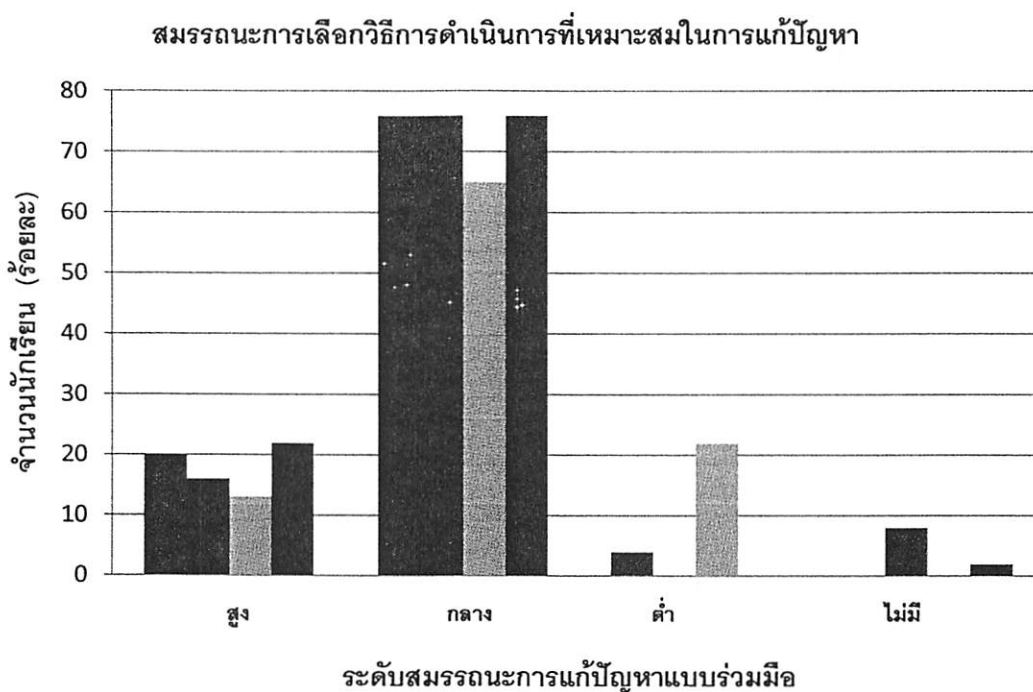
.....อธิบายให้เพื่อนฟังก่อน..... ถ้าเขายังไม่เข้าใจค่อยอธิบาย

ภาพ 84 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะกลาง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 33

4. ในระหว่างที่กลุ่มของนักเรียนกำลังจะเริ่มดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาโดยการระบุประเด็นปัญหา ผลกระทบและสาเหตุของปัญหา แล้วนักเรียนสังเกตเห็นว่าเพื่อนของนักเรียนมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับหน้าที่ที่ได้รับ นักเรียนจะอย่างไรและทำในช่วงเวลาใด (ทันทีที่สังเกตเห็นหรือปล่อยให้เวลาไปสักพักจนแน่ใจมากกว่านี้)

บันทึกที่ ๕๖.๒๐๗.๖๒๖

ภาพ 85 ตัวอย่างคำตอบไม่มีสมรรถนะ, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 3



ภาพ 86 ร้อยละของนักเรียนที่มีระดับสมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

หมายเหตุ : ■ ค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้บรรลุเป้าหมาย
 ■ การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ
 ■ การวางแผนการแก้ปัญหา
 ■ การตรวจสอบผลของการดำเนินงานและการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา

จากภาพที่ 86 จะเห็นได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่สมรรถนะระดับกลาง จำนวนร้อยละ 76 65 76 และ 76 มีสมรรถนะ "การค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้

บรรลุปเป้าหมาย” “การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ” “การวางแผนการแก้ปัญหา และ “การตรวจสอบผลของการดำเนินงานและการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา” ตามลำดับ รองลงมาคือนักเรียนมีสมรรถนะระดับสูง และเมื่อพิจารณาคำตอบที่บอกถึงสมรรถนะแต่ละด้าน ของนักเรียนที่เขียนในแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นสามารถแสดงได้ดังนี้

สมรรถนะ “การค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้บรรลุปเป้าหมาย” ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีที่สมรรถนะระดับกลางจำนวนร้อยละ 76 ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่เห็นความสำคัญของการมีความสัมพันธ์ที่ดีของสมาชิกในกลุ่มเป็นสิ่งที่สำคัญ ที่ทำให้การดำเนินการแก้ปัญหาตรงเป้าหมาย และเป็นไปอย่างราบรื่นออกมามีประสิทธิภาพ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือดังนี้

1. ในการทำงานเพื่อแก้ปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนด นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด 2 ตัวเลือก ที่ทำให้งานสำเร็จตรงตามเป้าหมายที่วางไว้ จงวงกลมรอบข้อที่นักเรียนเลือก 2 ตัวเลือก อธิบายและให้เหตุผล

①) ผู้นำที่ดี

2) ระดับสติปัญญาของสมาชิกในกลุ่ม

3) ความสามารถในแต่ละด้านที่มีประโยชน์ของสมาชิกกลุ่ม ต่อการดำเนินการแก้ปัญหา

④) ความสัมพันธ์ของสมาชิกในกลุ่ม

การมีผู้นำที่ดี ทำให้เราสามารถ ดำเนินงาน ได้อย่างสะดวก เพราะ ผู้นำจะพิจารณาหน้าที่ที่ได้รับ ตามตามแผนฯ ส่ง และ การที่ความสัมพันธ์ของสมาชิกในกลุ่มดีอยู่แล้ว จะทำให้การดำเนินงาน ราบรื่น เพราะหากมีปัญหา ก็สามารถพูดคุย ไปกันได้เสียได้ง่าย

ภาพ 87 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 10

1. ในการทำงานเพื่อแก้ปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนด นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด 2 ตัวเลือก ที่ทำให้งานสำเร็จตรงตามเป้าหมายที่วางไว้ จงวงกลมรอบข้อที่นักเรียนเลือก 2 ตัวเลือก อธิบายและให้เหตุผล

1) ผู้นำที่ดี

2) ระดับสติปัญญาของสมาชิกในกลุ่ม

③) ความสามารถในแต่ละด้านที่มีประโยชน์ของสมาชิกกลุ่ม ต่อการดำเนินการแก้ปัญหา

④) ความสัมพันธ์ของสมาชิกในกลุ่ม

③) เหตุฯ ในทีมแก้ปัญหา สมาชิกในกลุ่มต้องมีคุณสมบัติในการแก้ปัญหา

④) เหตุฯ ที่กลุ่มสัมพันธ์ของสมาชิกกลุ่มดี การทำงานก็จะง่ายขึ้น

ภาพ 88 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะกลาง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 14

สมรรถนะ “การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ” ซึ่งในสมรรถนะดังกล่าวนี้มีนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีสมรรถนะระดับกลาง จำนวนร้อยละ 76 ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถพิจารณาและลำดับความสำคัญของขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาได้ว่าขั้นตอนใดควรทำให้เสร็จก่อนหลังภายในเวลาที่มืออย่างจำกัด นอกจากนั้นแล้วยังต้องแจ้งข้อมูลดังกล่าวกับเพื่อนสมาชิกด้วย ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือดังนี้

3. ในระหว่างที่กลุ่มของนักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาอยู่นั้น พบว่าการดำเนินการมีความล่าช้า มีเวลาเหลือเพียงครึ่งชั่วโมงในการทำการทดลองแบบจำลอง แต่พบว่ามีงานมากมายที่นักเรียนยังทำค้างไว้ ในฐานะที่นักเรียนเป็นหัวหน้ากลุ่มนักเรียนจะทำอย่างไร ถึงจะแก้ปัญหาดังกล่าวได้ (เน้นปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่มเท่านั้น)

งานที่เหลืออีกครึ่งชั่วโมงในตอนที่ปัญหาก็จะแก้กับตนเองใส่ไปจนพ้น และใส่ไปปรึกษาเพื่อนกับปัญหาที่เหลือที่สมรรถนะทำได้

ภาพ 89 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 32

3. ในระหว่างที่กลุ่มของนักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาอยู่นั้น พบว่าการดำเนินการมีความล่าช้า มีเวลาเหลือเพียงครึ่งชั่วโมงในการทำการทดลองแบบจำลอง แต่พบว่ามีงานมากมายที่นักเรียนยังทำค้างไว้ ในฐานะที่นักเรียนเป็นหัวหน้ากลุ่มนักเรียนจะทำอย่างไร ถึงจะแก้ปัญหาดังกล่าวได้ (เน้นปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่มเท่านั้น)

และอีกกลุ่มไปกันหน้าของตัวเองก่อนแล้วกันไหนยังไม่เสร็จ ก็มาช่วยกัน

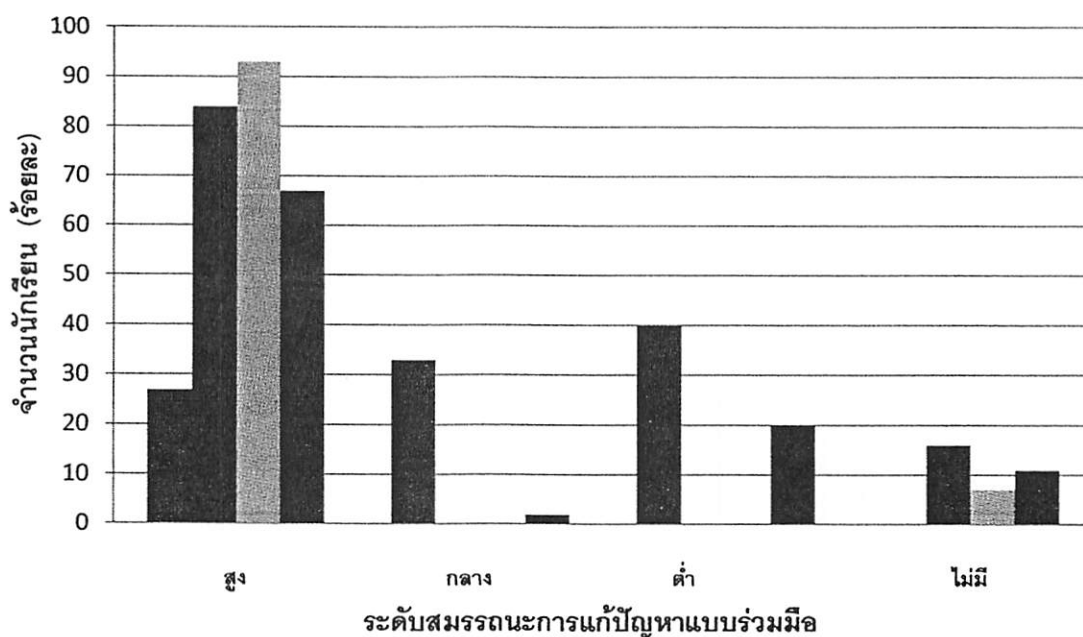
ภาพ 90 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะกลาง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 29

สมรรถนะ “การวางแผนการแก้ปัญหา” โดยในสมรรถนะดังกล่าวนี้พบว่า มีนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีสมรรถนะระดับกลาง จำนวนร้อยละ 65 และนักเรียนจำนวนร้อยละ 22 มีสมรรถนะระดับต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการวางแผนการดำเนินงานแก้ปัญหาในระดับดีเป็นส่วนใหญ่ และมีนักเรียนอีกบางส่วนที่มีส่วนร่วมในการวางแผนการดำเนินงานแก้ปัญหาที่น้อยมาก โดยในกลุ่มหลังให้ความสำคัญกับบทบาทของหัวหน้ากลุ่มรับหน้าที่ที่จะต้องทำการวางแผนและแบ่งหน้าที่ในการดำเนินการแก้ปัญหา โดยตนเองที่เป็นเพียงสมาชิกกลุ่มมีหน้าที่

ทำตามที่หัวหน้ากลุ่มกำหนดหรือมอบหมาย ทำให้นักเรียนกลุ่มนี้มีแนวโน้มในการมีส่วนร่วมในการวางแผนดำเนินการแก้ปัญหาและแสดงความคิดเห็นคิดเห็นในการดำเนินการแก้ปัญหาที่น้อยมากหรืออาจจะไม่มีการแสดงความคิดเห็นในนักเรียนบางคน

สมรรถนะ “การตรวจสอบผลของการดำเนินงานและการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา” โดยในสมรรถนะดังกล่าวนี้พบว่า มีนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีสมรรถนะระดับกลาง จำนวนร้อยละ 76 และอีกร้อยละ 22 ของนักเรียนนั้นมีสมรรถนะที่ระดับสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มให้ความสำคัญกับการตรวจสอบผลของการดำเนินงานการแก้ปัญหาในระหว่างสมาชิกในกลุ่มทุกคนดำเนินอยู่ และยังให้ความสำคัญกับการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหาในระหว่างที่กลุ่มปฏิบัติงาน ซึ่งการกระทำดังกล่าวช่วยให้กลุ่มสามารถดำเนินการแก้ปัญหาดำเนินงานไปในแนวทางที่ถูกต้องและเหมาะสม โดยไม่เสียเวลาในการต้องเริ่มต้นหรือเสียเวลาในการแก้ไขความผิดพลาด สามารถปรับเปลี่ยนแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างทันเวลาและเหมาะสมกับสถานการณ์ในช่วงเวลาที่เหมาะสม

สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม



ภาพ 91 ร้อยละของนักเรียนที่มีระดับสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

หมายเหตุ : ■ การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา

■ การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตนและระเบียบของกลุ่ม

■ การทำตามกฎระเบียบของกลุ่มที่ตกลงร่วมกัน

■ การตรวจสอบการให้คำแนะนำและการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม

จากภาพที่ 91 จะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะในระดับสูง โดยในแต่ละสมรรถนะย่อย ได้แก่ “การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตน และระเบียบของกลุ่ม” “การทำตามกฎระเบียบของกลุ่มที่ตกลงร่วมกัน” “ทำหน้าที่ในการกระตุ้นเพื่อนร่วมกลุ่มในการปฏิบัติหน้าที่” และ “การตรวจสอบ การให้คำแนะนำ และการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม” และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะในระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำ ร้อยละจำนวนนักเรียนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ในสมรรถนะ “การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา” เมื่อพิจารณาคำตอบที่นักเรียนเขียนในแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นสามารถแสดงได้ดังนี้

สมรรถนะ “การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา” โดยในสมรรถนะดังกล่าวนี้พบว่า มีนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีสมรรถนะระดับสูง จำนวนร้อยละ 27 และอีกร้อยละ 33 ของนักเรียนนั้นมีสมรรถนะที่ระดับกลาง ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนเกินครึ่งเข้าใจถึงบทบาทหน้าที่ของตนเองและเข้าใจบทบาทหน้าที่ของเพื่อนในกลุ่ม ว่าเมื่อได้รับการมอบหมายงานจากการตกลงร่วมกันของสมาชิกภายในกลุ่มก็จะดำเนินการตามและยอมรับงานที่ได้รับมอบหมาย หรือถ้ามีนักเรียนคนใดต้องการทำหน้าที่อื่นเพื่อช่วยเพื่อนอีกคนก็ต้องทำงานในส่วนหน้าที่ของตนเองให้เสร็จก่อนและผลงานเป็นที่พอใจของสมาชิกในกลุ่ม จึงจะไปช่วยเพื่อนอีกคนตามที่ต้องการ และในกลุ่มที่นักเรียนบางส่วนที่มีสมรรถนะระดับต่ำ จำนวนร้อยละ 40 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนในส่วนนี้ไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ตนเองได้รับมอบหมายจากการร่วมกันตกลง หรือกล่าวคือ นักเรียนไม่ทำหน้าที่ของตนเองที่ได้รับมอบหมายงานจากการร่วมกันตกลงให้เสร็จ แล้วไปช่วยเพื่อนสมาชิกอีกคนทำงานตามที่ต้องการเองต้องการ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือดังนี้

3. ถ้าในระหว่างการแบ่งหน้าที่ในการดำเนินงาน แล้วสรุปว่าเพื่อนสมาชิกส่วนใหญ่ให้นักเรียนทำหน้าที่ในประดิษฐ์แบบจำลอง แต่ในขณะนั้นนักเรียนรู้สึกว่่านักเรียนสามารถทำการคำนวณได้ดีกว่าเพื่อนสมาชิกอีกคน นักเรียนจะทำอย่างไร จงอธิบายเหตุผล

1) ยอมรับหน้าที่ แล้วดำเนินการประดิษฐ์แบบจำลองตามที่ได้รับมอบหมาย

2) ขอแลกหน้าที่ในการคำนวณกับเพื่อนสมาชิกอีกคน

3) รับผิดชอบการประดิษฐ์แบบจำลอง ด้วยความกระวนกระวาย

4) บอกกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มเพื่อขอทำหน้าที่ในการคำนวณช่วยเพื่อนหลังจากที่ตนเองรับทำ

หน้าที่ประดิษฐ์แบบจำลอง

1) ยอมรับหน้าที่ เพราะ เปรื่องทำหน้าที่ของตน จึงก็ได้มอบหมายให้

ดีที่สุด

ภาพ 92 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 2

3. ถ้าในระหว่างการแบ่งหน้าที่ในการดำเนินงาน แล้วสรุปว่าเพื่อนสมาชิกส่วนใหญ่ให้นักเรียนทำหน้าที่ในประดิษฐ์แบบจำลอง แต่ในขณะนั้นนักเรียนรู้สึกว่่านักเรียนสามารถทำการคำนวณได้ดีกว่าเพื่อนสมาชิกอีกคน นักเรียนจะอย่างไร จงอธิบายเหตุผล

1) ยอมรับหน้าที่ แล้วดำเนินการประดิษฐ์แบบจำลองตามที่ได้รับมอบหมาย

2) ขอแลกหน้าที่ในการคำนวณกับเพื่อนสมาชิกอีกคน

3) รับผิดชอบการประดิษฐ์แบบจำลอง ด้วยความกระวนกระวาย

4) บอกกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มเพื่อขอทำหน้าที่ในการคำนวณช่วยเพื่อนหลังจากที่ตนเองรับทำหน้าที่ประดิษฐ์แบบจำลอง

4 เพราะ เราทำในสิ่งที่เราได้รับมอบหมาย ก่อน แล้วเรา ตบไปช่วย เพื่อน ที่แล้ว

ภาพ 93 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะกลาง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 39

สมรรถนะ "การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตน และระเบียบของกลุ่ม" โดยในสมรรถนะดังกล่าวนี้พบว่า มีนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีสมรรถนะระดับสูง จำนวนร้อยละ 84 และมีนักเรียนจำนวนเพียงร้อยละ 16 ที่ไม่มีสมรรถนะดังกล่าว ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ สามารถอธิบายบทบาทหน้าที่ของเพื่อนในกลุ่มด้วยตัวนักเรียนเอง ในกรณีที่เพื่อนสมาชิกไม่ดำเนินการตามแผนการดำเนินงานที่ตกลงร่วมกันไว้ ซึ่งการกระทำดังกล่าวเป็นการรักษาระเบียบของกลุ่มที่มีการตกลงร่วมกันไว้และมีจุดประสงค์เพื่อการดำเนินการที่สำเร็จลุล่วง ในขณะที่นักเรียนจำนวนร้อยละ 16 ดำเนินการแก้ปัญหาโดยการไปช่วยหน้าที่อื่นที่ไม่ใช่ของตนเองเพราะเป็นหน้าที่ที่ตนเองอยากทำ ซึ่งการกระทำดังกล่าวทำให้การดำเนินงานของกลุ่มไม่เป็นไปตามแผนที่ร่วมกันวางไว้ และผิดระเบียบของกลุ่มทำให้งานไม่มีประสิทธิภาพ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือดังนี้

2. ถ้าในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวนี้ ในกลุ่มจะต้องทำการสร้างแบบจำลองเพื่อหาทำการหาสาเหตุที่ทำให้กระสุนปืนใหญ่ไม่ตกในตำแหน่งที่เป็นเป้าหมาย และนักเรียนได้สังเกตเห็นว่ามีเพื่อนสมาชิกคนหนึ่งไม่ได้ดำเนินการตามที่วางแผนไว้ คือ เพื่อนได้รับมอบหมายให้เป็นผู้ประดิษฐ์ในการสร้างแบบจำลอง แต่เพื่อนสมาชิกคนนั้นไปช่วยเพื่อนอีกคนคำนวณ ในฐานะที่นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มนักเรียนจะอย่างไร เพราะเหตุใด

ถ้าเพื่อนไม่ช่วยคำนวณผมก็ทำเอง แต่ถ้าในกลุ่มผมคำนวณแล้วเพื่อนก็อาจจะสามารถไปช่วยผู้อื่นได้ เนื่องจากจะได้ทำให้เพื่อนหรือเพื่อน

ภาพ 94 ตัวอย่างคำตอบระดับสมรรถนะสูง, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 21

2. ถ้าในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวนี้ ในกลุ่มจะต้องทำการสร้างแบบจำลองเพื่อหาทำการหาสาเหตุที่ทำให้กระสุนปืนใหญ่ไม่ตกในตำแหน่งที่เป็นเป้าหมาย และนักเรียนได้สังเกตเห็นว่ามีเพื่อนสมาชิกคนหนึ่งไม่ได้ดำเนินการตามที่วางแผนไว้ คือ เพื่อนได้รับมอบหมายให้เป็นผู้ประดิษฐ์ในการสร้างแบบจำลอง แต่เพื่อนสมาชิกคนนั้นไปช่วยเพื่อนอีกคนคำนวณ ในฐานะที่นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มนักเรียนจะทำอะไร เพราะเหตุใด

ถ้ากระสุนปืนใหญ่ไม่ตกในตำแหน่งเป้าหมาย นักเรียนจะทำการแก้ไขอย่างไร

ภาพ 95 ตัวอย่างคำตอบไม่มีสมรรถนะ, แบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, นักเรียนคนที่ 22

สมรรถนะ "การทำตามกฎระเบียบของกลุ่มที่ตกลงร่วมกัน" โดยในสมรรถนะดังกล่าวนี้พบว่า มีนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีสมรรถนะระดับสูง จำนวนร้อยละ 93 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังเห็นความสำคัญกับการดำเนินงานตามกฎระเบียบของกลุ่มที่ได้มีการตกลงร่วมกัน มีการดำเนินงานตามแนวทางการตกลงร่วมกันของกลุ่ม เมื่อเกิดปัญหาก็จะร่วมกันแก้ปัญหา จนสามารถดำเนินงานตามแนวทางที่ตกลงร่วมกันจนสำเร็จและมีประสิทธิภาพ และนักเรียนอีกบางส่วนคิดเป็นจำนวนร้อยละ 7 ที่ไม่มีสมรรถนะดังกล่าว ซึ่งแสดงว่านักเรียนกลุ่มนี้ไม่ดำเนินงานตามแผนที่ได้ตกลงไว้ร่วมกัน

สมรรถนะ "การตรวจสอบ การให้คำแนะนำ และการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม" โดยในสมรรถนะดังกล่าวนี้พบว่า มีนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีสมรรถนะระดับสูง จำนวนร้อยละ 67 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่เห็นความสำคัญของการตรวจสอบข้อผิดพลาดของการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม นอกจากนั้นยังสามารถแจ้งข้อมูลดังกล่าวกับเพื่อนสมาชิกเพื่อปรับเปลี่ยนแผนการดำเนินงานหรือขั้นตอนบางขั้นตอนของการดำเนินงานโดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผลการดำเนินงานเป็นไปอย่างเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพมากที่สุด และนักเรียนอีกบางส่วนคิดเป็นจำนวนร้อยละ 20 ที่มีสมรรถนะระดับต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนในกลุ่มนี้ ไม่กล้าที่จะแสดงความคิดเห็น หรือขอให้คนอื่นในกลุ่มเป็นคนบอกข้อผิดพลาดที่พบ

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยเรื่อง "การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยมีจุดมุ่งหมายของการศึกษา คือ

- 1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
- 2) เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

นักเรียนผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 1 ห้อง 45 คน ประกอบด้วยเพศชาย 9 คน และเพศหญิง 36 คน โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลา 9 ชั่วโมง 2) เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติ ได้แก่ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นตามกรอบ การประเมินของ PISA 2015 โดยมีสถานการณ์ทั้งหมด 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 6 ข้อ และแบบเขียนตอบ 6 ข้อ การดำเนินการวิจัยโดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ในระหว่างวันที่ 6 มกราคม พ.ศ.2563 – 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 ดังนี้ 1) เข้าพบครูผู้ร่วมสังเกตเพื่อรับคำแนะนำและปฐมนิเทศนักเรียน และเตรียมการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม วงจรปฏิบัติการที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น ระยะเวลาทั้งหมด 9 ชั่วโมง 2) จัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการตาม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ 3) ในระหว่างดำเนินการวิจัยสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และพฤติกรรมของนักเรียนและเก็บข้อมูลต่างๆ โดยใช้เครื่องมือวิจัยต่างๆ จากนั้นทำการสะท้อนผลเพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไป 4) เมื่อเสร็จสิ้นวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ทำการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนด้วยแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 5) วิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือต่างๆ เพื่อตอบคำถามวิจัย โดยผู้วิจัยจะสรุปผลการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะสรุปผลการวิจัย ตามจุดมุ่งหมายของการศึกษา 2 ข้อดังนี้

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้น ต้องมีลักษณะเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนรวมกลุ่มด้วยกัน เพื่อช่วยกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดตามความสมัครใจ นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนรู้ต้องส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็น โดยการพูดคุยกันเกี่ยวกับแนวทางการแก้ไขปัญหา และแสดงความคิดเห็นเลือกแนวทางที่ดีที่สุดเพื่อมาแก้ปัญหาจากสถานการณ์ จากนั้นร่วมกันสร้างชิ้นงาน สถานการณ์ที่ใช้เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจและตั้งใจร่วมกันทำงานแบบกลุ่มมีการแบ่งหน้าที่กัน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบและความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ในเวลาเดียวกัน การจัดการเรียนรู้ ต้องเน้นนักเรียนเป็นสำคัญและเชื่อว่านักเรียนสามารถเรียนรู้ ได้ด้วยตัวนักเรียนเอง โดยผู้วิจัยจะทำการสรุปลักษณะการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบเสริมต่อการเรียนรู้บนฐานของการใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

(1) ขั้นถาม (Ask) พบว่า ครูควรแบ่งกลุ่มให้นักเรียนโดยละความสามารถและละชายหญิงและให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยใช้กลุ่มเดิม เพื่อให้นักเรียนได้คุ้นเคยกันมากขึ้น ครูควรเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนและใกล้ตัว และต้องใช้ความรู้ที่หลากหลาย ให้นักเรียนแยกกัน

ระบุปัญหา หลังจากนั้นร่วมกันอภิปรายปัญหาร่วมกัน ครูควรกระตุ้นโดยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความรู้และมุมมองของตน ส่งผลให้นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็นและคุ้นเคยกับเพื่อนในกลุ่มมากขึ้น ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาพร้อมกัน เพื่อให้เกิดความเข้าใจแนวคิดเดียวกัน

(2) ขั้นจินตนาการ (Imagine) พบว่า ครูควรอธิบายแนวทางการทดลองให้นักเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองด้วยตนเอง โดยที่ครูคอยอำนวยความสะดวกให้นักเรียน เมื่อนักเรียนได้ผลการทดลองที่ไม่ตรงกัน ครูควรให้นักเรียนออกมานำเสนอแนวคิดที่ได้จากการทดลองของแต่ละกลุ่ม และร่วมกันอภิปรายเพื่อให้เกิดความเข้าใจแนวคิดไปในทิศทางเดียวกัน

(3) ขั้นวางแผน (Plan) พบว่า ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องรวบรวมแนวคิดที่ได้จากการทดลองของสมาชิกแต่ละคน แล้วเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด เพื่อวางแผนการสร้างชิ้นงานร่วมกันออกมาเป็นแบบร่างการออกแบบ โดยครูอาจนำเสนอแบบร่างการออกแบบให้กับนักเรียนรวมทั้งเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดไว้ในตอนแรก เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการเลือกใช้อุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงาน

(4) ขั้นสร้าง (Create) พบว่า ในการสร้างชิ้นงานควรมีหลายขั้นตอน จะทำให้นักเรียนช่วยกันมากขึ้น ครูควรให้อิสระแก่นักเรียนในการสร้างชิ้นงาน ควรฝึกให้นักเรียนได้แก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มโดยเมื่อชิ้นงานนักเรียนเกิดปัญหา ไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ครูจึงเข้าไปช่วย ควรฝึกให้นักเรียนช่วยการคิดและพัฒนาชิ้นงานของกลุ่ม และกระตุ้นให้นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่และควรกำหนดเวลาในการสร้างให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและร่วมมือกันในการดำเนินการแก้ปัญหา

(5) ขั้นการทดสอบ (Experiment) พบว่า ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาทดสอบ ว่ามีปัญหอะไร และจะปรับปรุงอะไร ครูควรอธิบายวิธีการทดสอบชิ้นงานที่ให้ชัดเจน เพิ่มความท้าทายในการทดสอบ เพื่อให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและทำการพัฒนาชิ้นงานของกลุ่มตนเอง และจดบันทึกผลการทดสอบเพื่อสร้างแรงผลักดันให้กับนักเรียน

(6) ขั้นปรับปรุง (Improve) พบว่า ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องนำชิ้นงานไปปรับปรุง และนำมาทดสอบอีกครั้ง แล้วนำเสนอและอภิปรายร่วมกัน ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกกลุ่มออกมานำเสนอแนวทางที่จะทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดใหม่ๆ และเกิดความรู้ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันประเมินบทบาทหน้าที่ของตนเองและเพื่อนในกลุ่ม

2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม มุ่งให้นักเรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนและเพื่อนร่วมกลุ่มในการแก้ปัญหา ทำตามข้อตกลงของกลุ่ม ในงานวิจัยนี้นักเรียนมีความเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และให้คำแนะนำบทบาทหน้าที่ของเพื่อนสามารถทำตามบทบาทได้ดีผู้วิจัยได้เข้าไปถามว่า “ใครเป็นหัวหน้ากลุ่ม แล้วทำไมถึงเลือกเพื่อนคนนี้” คำตอบนักเรียน “ที่เลือกเป็นหัวหน้า เพราะเพื่อนมีความเป็นผู้นำมีความสามารถหลายด้าน” นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะนี้อยู่ในระดับที่สูง เฉลี่ยร้อยละ 67.75 เป็นสมรรถนะที่นักเรียนพัฒนาได้ดีที่สุด สอดคล้องกับในระหว่างการจัดการเรียนรู้เป็นสมรรถนะที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนามากที่สุด ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1-3 พบว่า โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาสมรรถนะย่อย คือ การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา, การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตนและระเบียบของกลุ่ม และการทำตามกฎระเบียบของกลุ่มที่ตกลงร่วมกัน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาสมรรถนะย่อย คือ การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา, การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตนและระเบียบของกลุ่ม, การทำตามกฎระเบียบของกลุ่มที่ตกลงร่วมกัน และการตรวจสอบการให้คำแนะนำและการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาสมรรถนะย่อย คือ การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา, การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตนและระเบียบของกลุ่ม, การทำตามกฎระเบียบของกลุ่มที่ตกลงร่วมกัน และการตรวจสอบการให้คำแนะนำและการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม

สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน มุ่งให้นักเรียนระบุนความรู้ที่ได้จากการทำงานร่วมกัน และแบ่งปันความเข้าใจปัญหา ในงานวิจัยนี้พบว่านักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการระบุนปัญหาเป็นอย่างดี และค้นพบลักษณะเด่นของเพื่อนในกลุ่ม ยกตัวอย่างเช่น ผู้วิจัยใช้คำถามว่า “ทำไมถึงรับหน้าที่ในการสร้าง” นักเรียนตอบว่า “ผมถนัดในการใช้แรงครับ” ซึ่งในภาพรวมนั้นนักเรียนมีสมรรถนะในระดับที่สูง เฉลี่ยร้อยละ 41.75 สอดคล้องกับในระหว่างการจัดการเรียนรู้เป็นสมรรถนะที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนามากตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1-3 พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาสมรรถนะย่อย คือ การแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาร่วมกัน, การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการกระทำการแก้ปัญหา และการตรวจสอบและปรับปรุงความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกัน วงจร

ปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาสมรรถนะย่อย คือ การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในทีม, การแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาาร่วมกัน และการสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการกระทำ การแก้ปัญหา และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาสมรรถนะย่อย คือ การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกใน, การแบ่งปันข้อมูลและการเจรจาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหาาร่วมกัน, การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการกระทำ การแก้ปัญหา และการตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาาร่วมกัน

สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา มุ่งให้นักเรียนระบุการวางแผนการแก้ปัญหา ดำเนินตามขั้นตอนเพื่อไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้ และค้นพบแนวทางที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา ในงานวิจัยนี้พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระบุแผนการในการแก้ปัญหา มีการทำงานเป็นระบบ ร่วมมือกันสร้างชิ้นงานตามแบบร่าง และมีการทดสอบชิ้นงานเพื่อประเมินว่าสามารถช่วยแก้ปัญหาได้หรือไม่ และสามารถนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงาน ในภาพรวมนี้นักเรียนมีสมรรถนะในระดับที่สูง เฉลี่ยร้อยละ 17.75 เป็นสมรรถนะที่นักเรียนพัฒนาได้น้อย สอดคล้องกับในระหว่างการจัดการเรียนรู้เป็นสมรรถนะที่นักเรียนมีการพัฒนาน้อยที่สุดตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1-3 พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาสมรรถนะย่อย คือ การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ และการตรวจสอบผลของการดำเนินงานและการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาสมรรถนะย่อย คือ การวางแผนการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลของการดำเนินงานและการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาสมรรถนะย่อย คือ การค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้ บรรลุเป้าหมาย, การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ, การวางแผนการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลของการดำเนินงานและการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา แสดงให้เห็นว่า นักเรียนจำเป็นต้องพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวให้ดีขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยสถานการณ์ปัญหา

ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันและเป็นสถานการณ์ที่ใหม่ที่ซับซ้อนและสอดคล้องกับความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและอยากที่จะเรียนรู้ และมีการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ และสาขาอื่นๆ ในการแก้ปัญหาแบบกลุ่ม ดังปัญหาจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 ที่นักเรียนไม่ค่อยให้ความสนใจในการเรียนรู้ เนื่องจาก สถานการณ์ปัญหาค่อนข้างไกลตัว และปัญหาไม่ค่อยซับซ้อน ในทางตรงข้ามพบว่านักเรียนส่วนใหญ่จะให้ความสนใจและกระตือรือร้นและเกิดการร่วมมือมากขึ้นเมื่อสถานการณ์ปัญหาใกล้ตัวและมีความท้าทาย เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ตัวอย่าง สถานการณ์ปัญหา ที่น่าสนใจ เช่น 1) การสร้างเครื่องยิงดับเพลิง นักเรียนต้องใช้ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มุมที่ใช้ในการยิง เพื่อคำนวณหาระยะทางที่ไกล 2) การสร้างอุปกรณ์หมุนยกของและขนส่งของ ซึ่งนักเรียนต้องใช้ ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม ส่วนสำคัญของการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วย ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน คือ การกำหนดภาระงานที่มากแต่มีเวลาที่จำกัดในการทำกิจกรรม เช่น การสร้างชิ้นงาน การทดสอบผลการแก้ปัญหา เป็นต้น การที่เพิ่มภาระงานและมีการออกแบบ การหาแนวทางการแก้ปัญหา การสร้างชิ้นงาน และต้องดำเนินการให้เสร็จตามระยะเวลาที่กำหนดจะเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น แนวคิดและความรู้ที่แต่ละคนมี รวมถึงในชั้น การวางแผนนักเรียนต้องมีการวางแผน การดำเนินงานเพื่อให้กลุ่มแก้ปัญหาสำเร็จและต้องมีการแบ่งหน้าที่ในการปฏิบัติให้เหมาะสมกับความสามารถมากขึ้น สิ่งเหล่านี้ ล้วนเป็นหนึ่งในสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ผู้วิจัย ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน

แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ขั้นที่ 1 ถาม (Ask) กิจกรรมกำหนดบทบาทหน้าที่ให้เหมาะสมกับความสามารถของแต่ละบุคคลและให้ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาแต่ละคน และรวมกันสรุปเป็นแนวคิดของกลุ่ม ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน สอดคล้องกับ Antonnenko et al. (2014) กล่าวว่า การแบ่งปันและพูดคุยเพื่อให้เข้าใจปัญหาทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจร่วมกัน

ขั้นที่ 2 จินตนาการ (Imagine) กิจกรรมที่ให้นักเรียนทำการทดลองและอภิปรายผลการทดลองต่างๆ ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน สอดคล้องกับ วัฒนาพร กระจับทุกซ์ (2542) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียน

เป็นสิ่งสำคัญ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักเรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนในเรื่องที่สอดคล้องกับความสามารถและความต้องการของตนเอง

ขั้นที่ 3 วางแผน (Plan) กิจกรรมวางแผนและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับ McNaught (2014) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีหลายมุมมองและมีวิธีแก้ที่หลากหลาย ทำให้นักเรียนได้ตัดสินใจในการเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดผ่านกระบวนการกลุ่ม

ขั้นที่ 4 สร้าง (Create) กิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิดเห็นในการสร้างชิ้นงานร่วมกัน ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน สอดคล้องกับ ประพันธ์ ศิริสุเสารัจ (2556) ที่กล่าวว่า การมีส่วนร่วมทำ ให้เกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของความรู้เมื่อมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 5 การทดสอบ (Experiment) กิจกรรมตรวจสอบชิ้นงานเพื่อประเมินจุดดี จุดที่ต้องปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหาของตนเอง ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับ Farzaneh Jahanzad (2012) ที่กล่าวว่า การประเมินการแก้ปัญหาของตนเอง ทำให้นักเรียนได้ประเมินจุดดี จุดปรับปรุงของตัวเองในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 6 ปรับปรุง (Improve) ประเมินชิ้นงานและบทบาทหน้าที่ตนเองและสมาชิกในกลุ่ม ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม สอดคล้องกับ Asghar et al. (2012) ที่กล่าวว่า การทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ข้อผิดพลาดและข้อบกพร่องของตนเอง ตลอดจนได้รับฟังแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาตนเองจากเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม สามารถนำไปปรับปรุงความรู้ความเข้าใจของตนเอง

ผลของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะนี้อยู่ในระดับที่สูง เฉลี่ยร้อยละ 67.75 เป็นสมรรถนะที่นักเรียนพัฒนาได้ดีที่สุด สอดคล้องกับในระหว่างการจัดการเรียนรู้เป็นสมรรถนะที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนามากที่สุดตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1-3 และเนื่องจากการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการให้นักเรียนได้ตั้งกฎของกลุ่มและให้นักเรียนอธิบายหน้าที่ของแต่ละคนลงในใบกิจกรรม รวมทั้งเป็นกิจกรรมที่ใช้ความรู้หลายสาขาแบบบูรณาการทำให้ให้นักเรียนได้มีการแบ่งหน้าที่ได้อย่างเหมาะสมตามความสามารถของแต่ละบุคคล และยอมรับบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ร่วมกันแสดงความคิดเห็น สอดคล้องกับ สำลี รักสุทธี และคณะ

(2544, หน้า 18-27) กล่าวไว้ว่า การสอนแบบใช้ความรู้ที่บูรณาการจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ปฏิสัมพันธ์กันในกลุ่ม ปรัชญาหรือ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประสบการณ์ซึ่งกันและกัน

สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันซึ่งในภาพรวมนี้นักเรียนมีสมรรถนะในระดับที่สูง เฉลี่ยร้อยละ 41.75 สอดคล้องกับในระหว่างการจัดการเรียนรู้เป็นสมรรถนะที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนามากตั้งแต่ช่วงจรรยาปฏิบัติที่ 1-3 เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาที่จัดให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่มในการระบุปัญหา กระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและเกิดความสนใจที่จะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม โดยสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียนทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้มาใช้ในการระบุปัญหาและหาแนวทางแก้ปัญหาด้วยกัน สอดคล้องกับ Yoyce & Weil (1996, pp. 80-88) ได้กล่าวไว้ว่า สิ่งสำคัญที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกรู้สึกหรือความต้องการที่จะสืบค้นหรือแสวงหาความรู้ก็คือตัวปัญหา แต่ปัญหานั้นจะต้องมีลักษณะที่มีความหมายต่อผู้เรียนและท้าทายเพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะแสวงหาคำตอบ

สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในภาพรวมนี้นักเรียนมีสมรรถนะในระดับที่สูง เฉลี่ยร้อยละ 17.75 เป็นสมรรถนะที่นักเรียนพัฒนาได้น้อย สอดคล้องกับในระหว่างการจัดการเรียนรู้เป็นสมรรถนะที่นักเรียนมีการพัฒนาน้อยที่สุดตั้งแต่ช่วงจรรยาปฏิบัติที่ 1-3 เนื่องจากนักเรียนมีการตรวจสอบผลของการดำเนินงาน และการประเมินความสำเร็จในการแก้ปัญหา และมีการวางแผนการแก้ปัญหาร่วมกัน จากการสร้างและทดสอบชิ้นงานที่สร้างขึ้น แต่การค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่ให้บรรลุเป้าหมาย และการระบุสิ่งที่ต้องทำให้สำเร็จนักเรียนยังไม่ให้ความสำคัญในการร่วมกันแสดงความคิดเห็น

อย่างไรก็ตามแม้ในบ้างสมรรถนะการแก้ปัญหาร่วมมือของนักเรียนมีจำนวนนักเรียนน้อยกว่าร้อยละ 50 ที่มี สมรรถนะในระดับสูง แต่ในภาพรวมพบว่าสมรรถนะการแก้ปัญหาร่วมมือก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความแตกต่างกัน กล่าวคือหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมี สมรรถนะการแก้ปัญหาร่วมมือในระดับที่ดีขึ้น แสดงว่ารูปแบบการ จัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาร่วมมือได้จริง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีและงานวิจัยอื่นๆ ได้แก่ ผลการวิจัยในต่างประเทศที่มีการใช้ Instructional Design and Evaluation of Science Education ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาร่วมมือ โดยก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนสมรรถนะ สูงกว่าหลังเรียน อย่างมีนัยสำคัญ (Chen L. et al., 2018) รวมถึงงานวิจัยในประเทศที่มีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้ โดยนักเรียนร้อยละ 95.8 มีสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบ ร่วมมืออยู่ในระดับสูงหลังจากการจัดการเรียนรู้ (ธีรภา ไชยเดช, 2560) และงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผลวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สามารถพัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงขึ้นอย่างเป็นลำดับจาก การจัดการเรียนรู้ครบทุกวงจร ปฏิบัติการ โดยนักเรียนมีการร่วมมือกันในการทำงานกลุ่มเป็นอย่างดี และหลังจากการจัดการ เรียนรู้ครบทุกวงจรมักเรียนกว่า 97% จัดอยู่ในระดับสูง (พิมพ์นิชา ทวีบท, 2559) ซึ่งงานวิจัยทั้ง สามพบว่า รูปแบบการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังจากการทำกิจกรรมมีการพัฒนาดีกว่าก่อน การดำเนินกิจกรรม

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 การวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ค่อนข้างมาก เวลาในคาบเรียน 3 ชั่วโมง จึงไม่เพียงพอ ควรให้นักเรียนแบ่งหน้าที่และสร้างความคุ้นเคยกับสมาชิกในกลุ่มก่อนที่จะเริ่ม กิจกรรม ครูควรกระตุ้นด้วยคำถามเพื่อให้นักเรียนกระตือรือร้นในการร่วมกันแสดงความคิดเห็น และร่วมมือกันทำกิจกรรม

1.2 สถานการณ์ปัญหาที่ใช้ในการร่วมมือกันแก้ปัญหาต้องเป็นสถานการณ์ที่นักเรียน ต้องใช้ความสามารถที่หลากหลายและใกล้ตัวนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนสร้างเป็นชิ้นงานซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการสร้างชิ้นงานที่มีรูปแบบที่แตกต่าง กันที่แสดงให้เห็นถึงความสร้างสรรค์ของแต่ละกลุ่มในการสร้างชิ้นงานออกมา ดังนั้นในการทำวิจัย ครั้งต่อไปควรเพิ่มการวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เพื่อหาความคิดใหม่ๆ แนวทางใหม่ๆ ความเข้าใจและการมองปัญหาในรูปแบบใหม่

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ชนกกานต์ เนตรวีรัมย์. (2562). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ
สะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะ
การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่องเคมีสิ่งแวดล้อมของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ชนะชัย ทะยอม. (2560). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบเสริมต่อการเรียนรู้บนฐานของการใช้ปัญหาเป็น
ฐาน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียน
พิเศษวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- พิมณิชา ทวีบท. (2559). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน
ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์โดยการจัดการเรียนรู้ด้วย
รูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร,
พิษณุโลก.
- พรทิพย์ ศิริภักตราชัย. (2556). STEM education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนัก
บริหาร, 33(2), 49-56.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). การพัฒนาการคิด. กรุงเทพฯ: เทคนิค ฟรินติ้ง.
- รักษพล ธนานวงศ์. (2556). เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ.
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 41(182), 15-20.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ:
เลิฟแอนด์เลิฟเพรส.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2557ก). คู่มือกิจกรรม
สะเต็มศึกษาช่วงชั้นที่ 4 (ม.4-ม.6). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2557ข). หลักสูตรรอบรอบ
ศึกษานิเทศก์. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2559ค). กิจกรรมสะเต็มศึกษา
ระดับชั้นประถมศึกษา (ป.1-6) เล่ม1. กรุงเทพฯ: สกสค. (ลาดพร้าว).

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2561ง). ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: บริษัท ชัคเซสพับลิเคชัน จำกัด.
- สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(189), 7-10.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21. เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์.
- สุกัญญา เชื้อหลูปโพธิ์. (2561). การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- สุทธิดา จำรัส. (2560). นิยามของสะเต็มและลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ., 10(2), 13-34.
- สุธีระ ประเสริฐธรรม. (2559). ถอดรหัสการสอนสะเต็ม. สงขลา: หน่วยจัดการกลางโครงการเพาะพันธุ์ปัญญา.
- สุพรรณิ ขาญประเสริฐ. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.), 42(185), 10-13.
- สุภาวดี สาระวัน. (2562). กระบวนการทางวิศวกรรมสำคัญกับสะเต็มศึกษาอย่างไร? บทความสะเต็มศึกษา, STEM, EDP, กระบวนการเชิงวิศวกรรม. สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2562, จาก <https://www.scimath.org/article-stem/item/9117-2018-10-18-09-00-16>.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2552). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560-2564. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติสำนักนายกรัฐมนตรี.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. กรุงเทพฯ: สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). รายงานการศึกษาไทย พ.ศ. 2561 (Education in Thailand 2018). กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- สำลีรัก สุทธิ, ปราวณี วรรณปะเก และสนั่น แสงโทโพธิ์. (2544). เทคนิควิธีการพัฒนาหลักสูตรแบบบูรณาการ. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาศึกษา.
- ธีรญา ไชยเดช. (2560). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิง ชากดึก คำบรรพ์และผลิตภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- เอกรินทร์ อัครกุลวิสุทธ. (2557). การประเมินด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015. นิตยสาร สสวท, 43(191), 37-41.
- Antonenko, P. D., Jahanzad, F., and Greenwood, C. (2014). Fostering collaborative problem solving and 21st century skills using the DEEPER scaffolding framework. *Journal of College Science*, 43(6), 78-87.
- Arends, Richard. (1994). *Learning to teach*. New York: McGraw-Hill.
- Asghar, M.Y., Viitanen, T., Kemppainen, K., and Tomquist, K. (2012). Sphingosine 1- phosphate and human ether-a'-go-go-related gene potassium channels modulate migration in human anaplastic thyroid cancer cells. *Endocr.Relat. Cancer*. 19(5), 667-680.
- Bellanca, J., and Brandt, R. (2010). *21st Century Skills: Rethinking How Students Learn*. Bloomington. IN: Solution Tree Press.
- Bitter, C. G. (1990). *Mathematics Method for the Elementary and Middle School: A Comprehensive Approach*. Boston: Allyn and Bacon.
- Breiner, J. M., Carla, C. J., Harkness, S. S., and Koehler, C. M.. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and Shelly Sheats Harkness Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Chen, L., Uemura, H., Goda, Y., Okubo, F., Taniguchi, Y., Oi, M., Konomi, S., Ogata, H. and Yamada, M. (2018a). Instructional Design and Evaluation of Science Education to Improve Collaborative Problem Solving Skills. In E. Langran & J. Borup (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 1364-1369). Washington, D.C., United States: Association

- for the Advancement of Computing in Education (AACE). Retrieved April 9, 2020, from <https://www.learntechlib.org/p/182705>.
- Chen L., Yoshimatsu, N., Goda, Y., Okubo, F., Taniguchi, Y., Oi, M., Konomi, S., Shimada, A., Ogata, H. and Yamada, M. (19 December 2019b). **Direction of collaborative problem solving-based STEM learning by learning analytics approach**. Retrieved January 25, 2020, from <https://telrp.springeropen.com/articles/10.1186/s41039-019-0119-y>.
- Dejamette. (2012). America's children providing early exposure to STEM (science, technology, engineering and math) initiatives. *Education*, 133(1), 77–84.
- Farzaneh Jahanzad. (2012). **The influence of the DEEPER Scaffolding framework on problem-solving performance and transfer of knowledge**. Master's thesis. Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma.
- Gonzalez, H.B. and Kuenzi, J.J. (2012). **Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer**. Washington, DC: Congressional Research Service.
- Householder, Daniel L. and Hailey, Christine E. (2012). **Incorporating Engineering Design Challenges into STEM Courses**. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2562, จาก https://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/166.
- Johnson, D.W. and Johnson, R.T. (1987). Research Shows the Benefits of Adult Cooperation. *The Educational Leadership*, 45 (3), 27-30.
- Joyce, B., & Weil, M. (1996). **Model of teaching**. 5th ed. Boston : Allyn and Bacon.
- Katehi L., Pearson, G., & Feder, M. (Eds.) (2009). **Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects**. Report from the Committee on K-12 Education for the National Academies. Washington DC: The National Academies Press.
- Kim, M., and Teck Tan, H. (2012). A Collaborative Problem-solving Process Through Environmental Field Studies. *Journal International Journal of Science Education*. 35(3), 357-387.
- McNaught, C. (2014). **Implementing Research based Education at UCL**. Retrieved May 2, 2020, from <http://www.ucl.ac.uk/teaching-learning/connected-curriculum/research-based-education>.

- National Aeronautics and Space Administration. (2018). **Engineering Design Process**. สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2562, จาก <https://www.nasa.gov/audience/foreducators/best/edp.html>.
- National Research Council. (2012). **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas**. Committee on New Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2013). **PISA 2015 draft collaborative problem solving framework**. Paris: OECD.
- Office of Educational Technology. (2016). **Future Ready Learning: Reimagining the Role of Technology in Education**. Washington, D.C.: U.S. Department of Education.
- Pavlo, D. Antonenko, Farzaneh Jahanzad & Greenwood. (2014). **Fostering Collaborative Problem Solving and 21st Century Skills Using the DEEPER Scaffolding Framework**. In *Journal of College Science Teaching*, 43(6), 79-88.
- Rachel, B. J. (2008). **Science, technology, engineering, and math**. สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2563, จาก <http://www.learning.com/press/pdf/Science-Technology-Engineering-Mathematics-STEM-Report.pdf>.
- Teach Engineering. (2016). **Engineering Design Process**. สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2562, จาก <https://www.teachengineering.org/k12engineering/designprocess>.
- Van Kerkhoff, L., And L. Lebel. (2006). **Linking Knowledge and Action for Sustainable Development**. *Annual Review of Environment and Resource*. 31(1), 445-477.
- Vasquez, J.A., Sneider, C., and Comer, M. (2013). **STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics**. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Wayne, C. (2012). **What is S.T.E.M. and why do I need to know?**. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2562, จาก <http://issuu.com/carleygroup/docs/stem12online/1>.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ราชทานผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ

อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์

อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุช วรางคณากุล

อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ่ม

อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

นางอังคณา จันทประเสริฐ

ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ กศ.ม โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๑๘

ที่ อว.๐๖๐๓.๐๒/ว.๐๑๔๒

วันที่ ๑๔ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ

ด้วย นางสาวนัตยา หัสมินทร์ รหัสประจำตัว ๖๑๐๗๐๘๑๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การจัด
การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะ
การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อเป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิตยา
บงกชเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็น
ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไข
เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่า
จะได้รับ ความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริloch วนรัตน์วิจิตร)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ร่วมฉลองฉลอง 30 ปี มหาวิทยาลัยนเรศวร

- Internationalization
- Innovative Products
- Integrative Team & Networking



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๓๘

ที่ อว ๑๖๐๓.๐๖/ว ๐๑๔๖ วันที่ ๑๔ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์

ด้วย นางสาวนัตยา หัสมินทร์ รหัสประจำตัว ๖๑๐๗๐๘๑๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การจัด
การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะ
การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อเป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตยา
บงกชเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็น
ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไข
เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่า
คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริไลซ์ วนรัตน์วิจิตร)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ร่วมฉลองฉลอง 30 ปี มหาวิทยาลัยนเรศวร

- Internationalization
- Innovative Programs
- Strongly Engage Team & Network



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๓๘

ที่ อว ๑๖๐๓.๐๖/ว ๐๖๗๓

วันที่ ๒๔ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมนุช วรางคนากุล

ด้วย นางสาวนัตยา หัสมินทร์ รหัสประจำตัว ๖๑๐๗๐๘๑๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การจัด
การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะ
การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อเป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิศยา บงกชเพชร
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็น
ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไข
เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่า
จะได้รับ ความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน)
รองคณบดีฝ่ายนโยบายและแผน ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ครบรอบฉลอง 30 ปี มหาวิทยาลัยนเรศวร

- Internationalization
- Innovative Products
- Inclusive Team & Networks



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๓๙

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๐๒๙๕

วันที่ ๒๔ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษจิรา ตันแจ้ง

ด้วย นางสาวนัตยา หัสมินทร์ รหัสประจำตัว ๖๑๐๗๐๘๑๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การจัด การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อเป็น ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิตยา บงกชเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็น ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไข เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน)

รองคณบดีฝ่ายนโยบายและแผน ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ส่วนเฉลิมฉลอง 30 ปี มหาวิทยาลัยนเรศวร

- Internationalization
- Innovative Products
- Integrative Team & Networking



ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๐๑๔๖

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๑๔ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน คุณอังคณา จันทร์ประเสริฐ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นางสาวนัตยา หัสมินทร์ รหัสประจำตัว ๖๑๐๗๐๘๑๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การจัด
การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะ
การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อเป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิตยา
บงกชเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้
ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการ
ค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความ
อนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริไลค์ วนรัตน์จิตร)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร ๐-๕๕๕๖-๘๘๓๔

โทรสาร ๐-๕๕๕๖-๘๘๒๖

๒. นางสาวนัตยา หัสมินทร์

โทร ๐๘-๓๙๕๕-๕๕๕๘



ร่วมเฉลิมฉลอง 30 ปี มหาวิทยาลัยนเรศวร

มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University
30th Anniversary

ภาคผนวก ข คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชื่อกิจกรรมเครื่องยิงดับเพลิง

ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อคิดเห็นเสนอแนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	- การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ใน รูปрик ควรปรับให้มีความชัดเจนสื่อถึงพฤติกรรมที่ นักเรียนแสดงออกถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ - ปรับกิจกรรมแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ นักเรียนแสดงถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	- สถานการณ์ในแผนยังคล้ายๆ กับงานอื่น ควรใช้ สถานการณ์ที่ทันสมัย เช่น เครื่องยิงดับไฟฟ้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุช วรางคนากุล อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	- การพิมพ์สัญลักษณ์ในสมการทางฟิสิกส์ ควรใช้ math type - ตรวจสอบการเขียนสัญลักษณ์เวกเตอร์ในสมการทาง ฟิสิกส์ - ตรวจสอบการสะกดคำผิดคำถูก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ่ม อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์	-

ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อคิดเห็นเสนอแนะ
มหาวิทยาลัยยอนเรศวร	
นางอังคณา จันทระประเสริฐ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ชำนาญการพิเศษ กศ.ม โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม	- สถานการณ์ค่อนข้างทันสมัย น่าสนใจดี - เพิ่มความสวยงามในใบกิจกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชื่อกิจกรรมสวิง (แรงสู่ศูนย์กลาง) ชนของ

ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อคิดเห็นเสนอแนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยยอนเรศวร	- การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ใน รูปรีด ควรปรับให้มีความชัดเจนสื่อถึงพฤติกรรมที่ นักเรียนแสดงออกถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ - ปรับกิจกรรมแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ นักเรียนแสดงถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยยอนเรศวร	- สถานการณ์อาจจะยังไม่สอดคล้องกับเนื้อหา - สถานการณ์สั้นไป

ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อคิดเห็นเสนอแนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุช วารางคนากุล อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยย่นเรศวร	- การพิมพ์สัญลักษณ์ในสมการทางฟิสิกส์ ควรใช้ math type - ตรวจสอบการเขียนสัญลักษณ์เวกเตอร์ในสมการทางฟิสิกส์ - ตรวจสอบการสะกดคำผิดคำถูก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ่ม อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยย่นเรศวร	- การพิมพ์สัญลักษณ์ในสมการทางฟิสิกส์ ควรใช้ math type - ปรับตัวอักษรที่ตกขอบ - หน่วยงานให้เปลี่ยนเป็นภาษาไทย - แก้ไขคำผิด - แก้ไขมาตราส่วนของหน่วยการวัด
นางอังคณา จันทร์ประเสริฐ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ กศ.ม โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม	- เพิ่มความสวยงามในใบกิจกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชื่อกิจกรรม โล้ชิงช้า swing

ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อคิดเห็น เสนอแนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยย่นเรศวร	- การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ในรูปрик ควรปรับให้มีความชัดเจนสื่อถึงพฤติกรรมที่ นักเรียนแสดงออกถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ - ปรับกิจกรรมแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้

ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อคิดเห็น เสนอแนะ
	นักเรียนแสดงถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยยบเรศวร</p>	-
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุช วารางคณากุล อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยยบเรศวร</p>	<p>- การพิมพ์สัญลักษณ์ในสมการทางฟิสิกส์ ควรใช้ math type</p> <p>- ตรวจสอบการเขียนสัญลักษณ์เวกเตอร์ในสมการทางฟิสิกส์</p> <p>- ตรวจสอบการสะกดคำผิดคำถูก</p>
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ่ม อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยยบเรศวร</p>	<p>- แก้ไขคำผิด</p> <p>- แก้ไขมาตราส่วนของหน่วยการวัด</p> <p>- การเขียนหน่วยในตารางการทดลองควรเปลี่ยนเป็นภาษาไทยทั้งหมด</p>
<p>นางอังคณา จันทร์ประเสริฐ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ กศ.ม โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม</p>	-

แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อคิดเห็นเสนอแนะ
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร</p>	<p>ปรับคำถามให้สอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ</p>
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร</p>	<p>สถานการณ์มีความเหมาะสม</p>
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุช วรางคนากุล อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย นเรศวร</p>	<p>แก้ไขตัวอักษรให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน</p>
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ่ม อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย นเรศวร</p>	<p>- สถานการณ์ที่ 1 แนะนำว่าการสร้างแบบจำลองกระสุนเมื่อ ตกกระทบไม่เกิดการแตกกระจายของกระสุนออกมา เพื่อ ควบคุมกรอบความคิดให้เป็นตามแนวที่ต้องการ</p> <p>- สถานการณ์ที่ 3 เป็นประวัติส่วนมาก ควรเพิ่มว่าเกิด เหตุการณ์เสียหายหลังจากการเปิดใช้ เพราะในเนื้อหา ไม่ได้กล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นมีเพียงรูปเท่านั้นขาดจุด เชื่อมโยง</p> <p>- ชนิดตัวอักษรปรับให้เหมือนกัน</p> <p>- ปรับการอ้างอิงให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน</p>
<p>นางอังคณา จันทระประเสริฐ</p>	<p>ปรับสถานการณ์ในแบบทดสอบเพื่อไม่ให้ตรงกับสถานการณ์</p>

ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อคิดเห็นเสนอแนะ
<p>ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ กศ.ม โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม</p>	<p>ในแผนการจัดการเรียนรู้</p>

แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อคิดเห็นเสนอแนะ
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร</p>	<p>ควรมีการอธิบายรายละเอียดของคำถามในแบบสังเกต สว่างเมฆ</p>
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร</p>	-
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุช วารางคนากุล อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย นเรศวร</p>	-
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ่ม อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย นเรศวร</p>	-
<p>นางอังกณา จันทร์ประเสริฐ</p>	-

ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อคิดเห็นเสนอแนะ
<p>ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ กศ.ม โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม</p>	

แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อคิดเห็นเสนอแนะ
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร</p>	<p>ควรมีการอธิบายรายละเอียดของคำถามในแบบสังเกต สว่างเมฆ</p>
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร</p>	-
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุช วรางคนากุล อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร</p>	-
<p>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ่ม อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร</p>	-
<p>นางอังคณา จันทระประเสริฐ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้</p>	-

ผู้เขียนชาวน	ข้อคิดเห็นเสนอแนะ
วิทยาศาสตร์ ชำนาญการพิเศษ กศ.ม โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม	

ภาคผนวก ค แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบ
เชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง
การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	ภาคเรียนที่ 2	ปีการศึกษา 2562
รายวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพ	รหัสวิชา ว31102	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ชื่อหน่วย การเคลื่อนที่และแรง		เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั้น
ผู้สอน นางสาวนันทยา หัสมินทร์		เวลา 3 ชั่วโมง

1. มาตรฐานและตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ
ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด
และนำไปใช้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มี
การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์
อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบ
เชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และ
สิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์	กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์	กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์	กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์ กายภาพ	สาระที่ 2 การวัดและ เรขาคณิต	สาระที่ 4 เทคโนโลยี	สาระที่ 4 เทคโนโลยี
ตัวชี้วัด ว2.2 ม.5/3 สังเกต วิเคราะห์และอธิบาย	ตัวชี้วัด ค2.1 ป.3/4 คาดคะเนความยาวเป็น เมตรและเป็นเซนติเมตร	ตัวชี้วัด ว4.1 ม.4/1 วิเคราะห์แนวคิดหลัก ของเทคโนโลยี	ตัวชี้วัด ว4.1 ม.4/3 ออกแบบวิธี การแก้ปัญหาโดย วิเคราะห์เปรียบเทียบ
ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร่งของวัตถุกับแรง ลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและ มวลของวัตถุ	ตัวชี้วัด ค2.1 ป.3/5 เปรียบเทียบความยาว ระหว่างเซนติเมตรกับ มิลลิเมตร เมตรกับ เซนติเมตร กิโลเมตรกับ	ความสัมพันธ์กับศาสตร์ อื่น โดยเฉพาะ วิทยาศาสตร์ หรือ คณิตศาสตร์ รวมทั้ง ประเมินผลกระทบที่จะ เกิดขึ้นต่อมนุษย์ สังคม	วิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูล ที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไข และทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทาง การแก้ปัญหาให้ผู้อื่น

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
ความเร่งที่มีต่อ การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของ วัตถุ ได้แก่ การเคลื่อนที่ แนวตรง การเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่ แบบวงกลม และ การเคลื่อนที่แบบสั่น ตัวชี้วัด ว2.2 ม.5/6สืบค้น ข้อมูลและอธิบายแรงโน้ม ถ่วงที่เกี่ยวข้องต่างๆ รอบ โลกการเคลื่อนที่ของวัตถุ	เมตร จากสถานการณ์ ต่างๆ ตัวชี้วัด ค2.1 ป.4/3 แสดงวิธีหาคำตอบของ โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ ความยาวรอบรูปและ พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุม ฉาก	เศรษฐกิจ และ สิ่งแวดล้อม เพื่อเป็น แนวทางในการพัฒนา เทคโนโลยี ตัวชี้วัด ว4.1 ม.4/2 ระบุ ปัญหาหรือ ความต้องการที่มี ผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาที่มีความ ซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์ วิธีการเทคนิคใน การแก้ปัญหาโดย คำนึงถึงความถูกต้อง ด้านทรัพย์สินทาง ปัญญา	เข้าใจด้วยเทคนิคหรือ วิธีการที่หลากหลาย โดย ใช้ซอฟต์แวร์ช่วยใน การออกแบบ วางแผน ขั้นตอนการทำงานและ ดำเนินการแก้ปัญหา ตัวชี้วัด ว4.1 ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผล ของปัญหาหรือ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้กรอบเงื่อนไข หา แนวทางการปรับปรุง แก้ไขและนำเสนอผล การแก้ปัญหา พร้อมทั้ง เสนอแนวทาง การพัฒนาต่อยอด

หมายเหตุ: *ตัวชี้วัด เทคโนโลยี (T) ในที่นี้จะรวมตัวชี้วัดสาระการออกแบบและเทคโนโลยี และสาระเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในขณะที่วิศวกรรมศาสตร์ (E) ไม่ได้ปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถเทียบเคียงได้จากกระบวนการเทคโนโลยีในตัวชี้วัดสาระการออกแบบและเทคโนโลยี

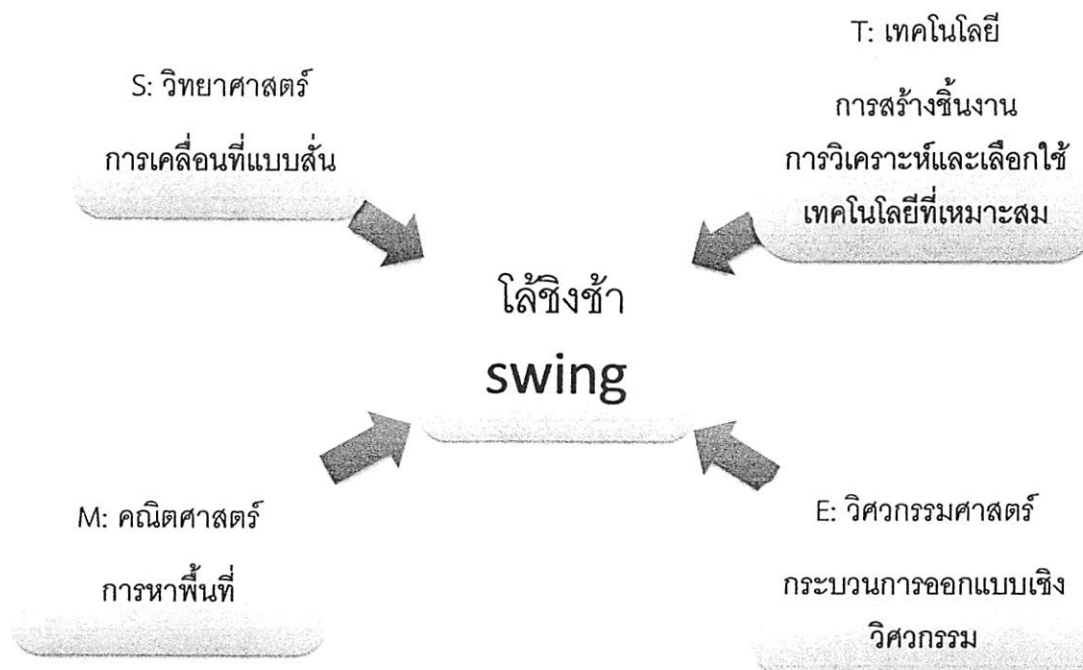
2. สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
- การเคลื่อนที่แบบสั่นจะมี ลักษณะพิเศษคือ จะมีการ เคลื่อนที่แบบซ้ำ รอบรอบ เดิมกลับไปกลับมาจาก อิทธิพลของแรงที่มีการ เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา		- การเลือกใช้วัสดุให้มี ความเหมาะสมกับ การใช้งานควรพิจารณา ปัจจัยในด้านต่างๆ เช่น รูปร่าง สี พื้นผิว ความแข็ง	- การวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่ จำเป็น โดยคำนึงถึง ทรัพย์สินทางปัญญา เงื่อนไขและทรัพยากร เช่น งบประมาณ เวลา

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
<p>การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (Simple harmonic motion - SHM) เป็นการเคลื่อนที่อีกแบบหนึ่ง การกระจัดของวัตถุซึ่งมีการเคลื่อนที่แบบนี้จะวัดจาก ตำแหน่งเดิมของวัตถุ เมื่อไม่ถูกแรงภายนอกใดๆ มากกระทำ เรียกตำแหน่งนี้ว่า แนวสมมูล</p> <p>จากภาพข้างต้น ออกแรงเคลื่อนให้ลูกตุ้มอยู่ในตำแหน่ง A แล้วปล่อยให้ลูกตุ้ม เคลื่อนที่ลูกตุ้มจะแกว่ง จาก A ไป B, C, D และ E เมื่อลูกตุ้มกลับมาถึง E หรือกลับ มาถึงจุดเริ่มต้นอีกครั้งจะเรียกว่า เป็นการสั่นครบ 1 รอบ</p> <p>- ปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย</p> <p>1. แอมพลิจูด (Amplitude) คือ การกระจัดสูงสุดของการเคลื่อนที่วัดจากจุดสมมูลไปยังจุดปลาย หรือ บางครั้งเรียกว่า ช่วงกว้างของคลื่น</p>	<p>- การหาพื้นที่ของรูปเรขาคณิตสองมิติ</p> <p><u>รูปสามเหลี่ยม</u> พื้นที่รูปสามเหลี่ยม = $1/2 \times$ ความยาวฐาน \times ความสูง</p> <p><u>รูปสี่เหลี่ยม</u> พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก = ความกว้าง \times ความยาว</p> <p><u>รูปหลายเหลี่ยม</u> พื้นที่รูปหลายเหลี่ยม อาจใช้วิธีสร้าง ส่วนของเส้นตรงให้ตั้งฉากกับแนวนอน หรือ แนวตั้ง หาระยะตั้งฉากจากจุดยอด ต่างๆ ของรูปที่กำหนดให้ นั้นกับส่วนของ เส้นตรงที่สร้างขึ้น ซึ่งมักเป็นรูปสี่เหลี่ยม คางหมู แล้วหาพื้นที่ของ รูปย่อยต่างๆ เพื่อนำมาหาพื้นที่ของรูปที่ต้องการ</p> <p><u>รูปวงกลม</u> พื้นที่รูปวงกลม = πr^2 เมื่อ r แทน ความยาวรัศมีของรูปวงกลม</p>	<p>ความเหนียว</p> <p>- การสร้างสิ่งของเครื่องใช้ตามกระบวนการเทคโนโลยีควรมีการฝึกความคิดสร้างสรรค์</p> <p>- การจัดการสารสนเทศประกอบด้วย การเตรียมข้อมูล การประมวลผล ข้อมูล การเก็บข้อมูล การแสดงผล</p>	<p>ข้อมูลและสารสนเทศ วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ ช่วยให้ได้แนวแนวทาง การแก้ปัญหาที่เหมาะสม</p> <p>- การออกแบบแนวทาง การแก้ปัญหาทำได้ หลากหลายวิธี เช่น การร่างภาพ การเขียน แผนภาพการเขียนผังงาน</p> <p>- การกำหนดขั้นตอนและระยะเวลาในการทำงาน ก่อนดำเนินการแก้ปัญหา จะช่วยให้การทำงาน สำเร็จได้ตามเป้าหมาย และลดข้อผิดพลาดของการทำงานที่อาจเกิดขึ้น</p> <p>- การทดสอบและ ประเมินผลเป็น การตรวจสอบชิ้นงานหรือ วิธีการว่าสามารถ แก้ปัญหาได้ตาม วัตถุประสงค์ภายใต้ กรอบของปัญหา เพื่อหา ข้อบกพร่อง และ ดำเนินการปรับปรุง โดย อาจทดสอบซ้ำเพื่อให้ สามารถแก้ไขปัญหาได้ อย่างมีประสิทธิภาพ</p> <p>- การนำเสนอผลงานเป็น การถ่ายทอดแนวคิด เพื่อให้ ผู้อื่น เข้าใจ เกี่ยวกับกระบวนการ ทำงานและชิ้นงานหรือ</p>

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
<p>2. คาบ (Period) คือ ช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ นับจากจุดปลายด้านหนึ่งไปยังจุดปลายอีกด้านหนึ่ง แล้วเคลื่อนที่กลับมายังจุดปลายเดิม โดยมีหน่วยเป็น วินาที / รอบ หรือ วินาที</p> <p>3. ความถี่ (Frequency) คือ จำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น รอบ / วินาที หรือ เฮิรตซ์ (Hz)</p>			<p>วิธีการที่ได้ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำแผ่นนำเสนอผลงาน การจัดนิทรรศการ การนำเสนอผ่านสื่อออนไลน์ หรือ การนำเสนอต่อภาคธุรกิจ เพื่อการพัฒนาต่อยอดสู่งานอาชีพ</p>

3. กรอบแนวคิด



3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายผลของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบลื่น (K)
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาพื้นที่ในการสร้างชิงช้า (K)
3. นักเรียนสามารถสร้างชิงช้าได้โดยการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (K)
4. นักเรียนสามารถปฏิบัติการสร้างชิงช้าตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (K)
5. นักเรียนสามารถส่งชิ้นงานตามเวลาที่กำหนด (A)
6. นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากการทำกิจกรรม (P)
 - 6.1 การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน
 - 6.2 สามารถเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้
 - 6.3 การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

4. กระบวนการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ทางด้านเนื้อหา มาใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น

ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ พร้อมทั้งทำการแบ่งกลุ่มโดยละความสามารถของนักเรียนในการทำกิจกรรม

ขั้นที่ 1. ถาม (Ask): (นักเรียนระบุปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหา ข้อกำหนดและข้อจำกัดที่ต้องปฏิบัติตาม ที่ต้องพิจารณา รวมทั้งต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบวิธีการแก้ปัญหาหลัก)

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยการนำเสนอสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันด้วยการเปิดคลิปวิดีโอเกี่ยวกับ ย้อนสยามฯ ตอน ถีบชิงช้า

<https://www.youtube.com/watch?v=SDWOHEvtUf0>



และประเพณีไล่ชิงช้าชาวอาข่าเชียงราย | ชาวช่อง 8 <https://www.youtube.com/watch?v=5Q-kQwJGIVo> เพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์สิ่งที่เกิดขึ้น



1.2 ครูถามนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาที่ได้ดูจากคลิปวิดีโอ ว่าคืออะไร (แนวคำตอบ: ชิงช้าไม่ปลอดภัย แกว่งแรงเกินไป จึงทำให้อาจตกลงมา)

1.3 ครูถามนักเรียนว่า เราจะมีแนวทางช่วยแก้ปัญหาได้อย่างไร (แนวคำตอบ: ต้องมีอุปกรณ์ป้องกัน ลดแรงแกว่ง)

ขั้นที่ 2. จินตนาการ (Imagine): (หลังจากผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหาย่อยได้แล้ว ขั้นนี้ให้นักเรียนระดมสมองหาคำตอบและแนวคิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้อย่างมีระบบเพื่อตอบประเด็นที่สงสัย และระบุสิ่งที่คนอื่นทำ โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด)

2.1 นักเรียนคิดว่าเราควรจะทำอย่างไรให้ปลอดภัยต้องคำนึงถึงสิ่งใดบ้าง?

(แนวคำตอบ: วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง แรงที่ใช้ในการแกว่ง)

2.2 ครูบอกสถานการณ์จำลอง และเงื่อนไขของสถานการณ์จำลองให้นักเรียนทุกกลุ่มได้ทราบ โดยสถานการณ์จำลองมีความสำคัญดังนี้ พร้อมทั้งให้นักเรียนระบุปัญหาหรือสถานการณ์ลงในใบกิจกรรมที่ 1 และระบุบทบาทหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่ม

“ ชิงช้าของอาซา มีอยู่ 3 แบบ คือ

แบบกระโจมสี่เสา ทำด้วยไม้สี่ต้นปักให้หมดเหลือไว้แต่ยอด เมื่อปักเสาทั้งสี่ลงในดินแล้วก็รวบยอดเข้าหากันมัดผูกติดกัน และมีเชือกทำด้วยถั่ววัลย์ห้อยลงมาตรงกลางที่ปลายเชือกทำเป็นห่วง

แบบระหัดวิดน้ำ ทำด้วยเสา 2 ต้น ปักลงในดิน ด้านบนเป็นง่ามบากสำหรับรองรับแกนกลาง และมีแขนยื่นออกไป 4 ด้าน ปลายแขนตรงข้ามแต่ละคู่ยื่นยึดปลายด้วยไม้ไผ่ มีลักษณะคล้ายระหัดวิดน้ำ มีเชือกผูกห้อยลงมาทั้ง 4 แขน ชิงช้าแบบนี้ได้ครั้งละ 4 คน

แบบสำหรับเด็ก เหมือนแบบกระโจมสี่เสา ผิดกันตรงขนาดเล็กกว่าและมีจำนวนมาก เชือกที่ห้อยตรงกลางสำหรับไล่นั้น ทำด้วยเชือก 2 เส้น ตรงปลายเชือกที่เด็กจะขึ้นไปนั่งไล่นั้นใช้ไม้ไผ่วางทับเชือก

ในการเล่นชิงช้านั้นต้องคอยระมัดระวังมิให้สายขาด หากผู้ใดทำสายชิงช้าขาดจะถูกปรับให้เสียหมู 2 ตัว เพื่อนำไปเช่น ขอขมาต่อผีประจำชิงช้าและสายเชือก ในเทศกาลไล่ชิงช้านี้ บางคนกล่าวว่า มีข้อกำหนดบังคับให้ทุกคนต้องเล่นไล่ชิงช้าเพื่อให้ทุกคนได้ปลอดภัยจากผีร้ายด้วย”

ถ้านักเรียนถูกจ้างจากสมาชิกของชาวอาซาให้ออกแบบชิงช้าที่ปลอดภัย ไม่ขาดง่ายและสวยงาม และไกวชิงช้าให้นานที่สุด ในที่มิศวรร ประกอบด้วย หัวหน้าที่มี นักออกแบบ นักวิศวกรช่างก่อสร้าง กำหนดพื้นที่ที่ใช้สร้าง คือ 20x15 ตารางเมตร (มาตราส่วน 1 เมตร: 100 เซนติเมตร) และใช้งบประมาณที่น้อย

2.3 ครูและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้ประเด็นคำถามดังตัวอย่าง

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีปัญหาหรือความต้องการในเรื่องใดบ้าง?
2. นักเรียนคิดว่าจะต้องใช้ความรู้เรื่องใดบ้างในการออกแบบจำลองชิงช้า

จากสถานการณ์ที่กำหนด?

2.4 นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 2 เกี่ยวกับหลักการชิงช้าทางฟิสิกส์และหลักการทางคณิตศาสตร์

2.5 สมาชิกแต่ละกลุ่มทำการทดสอบ เกี่ยวกับหลักการสร้างชิงช้าทางฟิสิกส์และหลักการทางคณิตศาสตร์ ในใบกิจกรรมที่ 2 พร้อมทำลงในกระดาษปรีฟ พร้อมทั้งส่งตัวแทนนำเสนอหน้าชั้นเรียน (ศึกษาใบความรู้เพิ่มเติม)

2.6 ครูทบทวนเงื่อนไขในการทดสอบแบบจำลองชิงช้าว่า

1. ชิงช้าที่ปลอดภัยไม่ขาดง่าย
2. สวยงาม
3. ไกวชิงช้าให้นานที่สุด
4. ในทีมวิศวกร ประกอบด้วย หัวหน้าทีม นักออกแบบ นักวิศวกร ช่าง

ก่อสร้าง

5. กำหนดพื้นที่ที่ใช้สร้าง คือ 20x15 ตารางเมตร (มาตราส่วน 1 เมตร:

100

เซนติเมตร)

6. และใช้งบประมาณที่น้อย

2.7 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองชิงช้า

ขั้นที่ 3. วางแผน (Plan): (นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด 2-3 รายการ คือ การนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ได้รวบรวม วิเคราะห์ ตัดสินทางเลือก จากนั้นระดมสมองและสร้างภาพร่างการออกแบบแนวคิดที่เป็นไปได้และที่ดีที่สุดเป็นต้นแบบ 1 แนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา)

3.1 นักเรียนศึกษาเกณฑ์การประเมินผลชิ้นงาน

ครูระบุเงื่อนไขในการทดสอบดังนี้

1. ชิงช้าที่ปลอดภัยไม่ขาดง่าย

2. สวยงาม
 3. ไกวชิงช้าให้นานที่สุด
 4. ในทีมวิศวกร ประกอบด้วย หัวหน้าทีม นักออกแบบ นักวิศวกร ช่างก่อสร้าง
 5. กำหนดพื้นที่ที่ใช้สร้าง คือ 20x15 ตารางเมตร (มาตราส่วน 1 เมตร: 100 เซนติเมตร)
 6. และใช้งบประมาณที่น้อย
- 3.2 นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มจะต้องช่วยกันระดมความคิดว่าจะสร้างแบบจำลองชิงช้าแบบไหนถึงจะเป็นไปตามเงื่อนไขที่ครูกำหนด
- 3.3 เมื่อนักเรียนระดมความคิดแล้วได้เลือกรูปแบบการสร้างแบบจำลองชิงช้าที่ดีที่สุดของกลุ่มเรียบร้อยแล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบเครื่องยิงตามเงื่อนไขที่ได้จากการวิเคราะห์สถานการณ์ในรูปแบบของภาพร่างลงในที่กระดาษ โดยครูได้เปิดตัวอย่างภาพร่างเพื่อเป็นแนวทางในการวาดภาพแบบจำลอง
- 3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ลงในใบกิจกรรมที่ 1 ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
- 3.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการออกแบบวิธีการสร้างแบบจำลองชิงช้า โดยเขียนวิธีการสร้างแบบจำลองชิงช้า ลงในใบกิจกรรมที่ 1 โดยหัวหน้าทีมเป็นผู้นำเสนอแบบร่างให้กับทีมงาน
- 3.6 หัวหน้าทีมลงความเห็นเกี่ยวกับแบบร่างจากนั้นครูให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกมาเลือกชื่อวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างแบบจำลองชิงช้า ตามที่ได้ ออกแบบไว้
- ขั้นที่ 4. สร้าง (Create): (นักเรียนสร้างรูปแบบการทำงานหรือต้นแบบที่สอดคล้องกับข้อกำหนดการออกแบบและอยู่ในข้อจำกัด การออกแบบ)
- 4.1 นักเรียนเริ่มลงมือสร้างแบบจำลองตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยที่สมาชิกแต่ละคนปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และเป็นไปตามเงื่อนไขของกลุ่ม

ขั้นที่ 5. การทดสอบ (Experiment): (นักเรียนประเมินวิธีการแก้ปัญหาจากการทดสอบจากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล นักเรียนสรุปจุดแข็งและจุดอ่อนของการออกแบบที่ได้ระหว่างการทดสอบ)

5.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาทดสอบแบบจำลองชิงช้า ที่สร้างขึ้น และให้นักเรียน บันทึกผลการทดสอบครั้งที่ 1 ในตารางบันทึกผลในใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 แต่ละกลุ่มร่วมชมการทดสอบของกลุ่มเพื่อน

5.2 ในกรณีที่แบบจำลองชิงช้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ให้นักเรียนวิเคราะห์หาสาเหตุแนวทางการปรับปรุง และบันทึกสิ่งที่ได้ปรับปรุงลงในใบกิจกรรมที่ 1

ขั้นที่ 6. ปรับปรุง (Improve): (จากผลการทดสอบนักเรียนปรับปรุงการออกแบบ และระบุการเปลี่ยนแปลงที่นักเรียนจะทำและปรับการแก้ไขโดยอภิปรายและนำเสนอ)

6.1 ครูให้นักเรียนนำไปปรับปรุงแบบจำลองครั้งที่ 1

6.2 หลังจากการปรับปรุงครั้งที่ 1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจับเวลาในการแกว่งของชิงช้าถ้ากลุ่มไหนแกว่งนานที่สุดถือว่าเป็นกลุ่มที่ชนะ และมีลักษณะการสร้างเป็นไปตามเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด

6.3 ครูให้นักเรียนกลุ่มที่ประสบความสำเร็จและกลุ่มที่ไม่ประสบความสำเร็จ ออกมานำเสนอข้อดีข้อปรับปรุง และนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปราย

6.4 ครูเชื่อมโยงความรู้ ว่ากิจกรรมนี้ เกี่ยวข้องกับ STEM อย่างไร

-S : อธิบายผลของความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบสั่น

-T : การสร้างชิงช้าตามแบบร่าง และการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม

-E : การออกแบบชิงช้า ให้ตรงตามความต้องการ

-M : การคำนวณในใบกิจกรรม และการมองความสัมพันธ์ของคำตอบที่

ได้

การวัดประเมินผล

รายการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้ประเมิน	คะแนน
1. นักเรียนสามารถอธิบายผลของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบสั่น (K)	ใบกิจกรรม	3
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาพื้นที่ในการสร้างชิงช้า (K)	ใบกิจกรรม	3
3. นักเรียนสามารถสร้างชิงช้าได้โดยการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (K)	แบบประเมินชิ้นงาน	9
4. นักเรียนสามารถปฏิบัติการสร้างชิงช้าตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (K)	ใบกิจกรรม	3
5. นักเรียนสามารถส่งชิ้นงานตามเวลาที่กำหนด (A)	แบบประเมินชิ้นงาน	3
6. นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากการทำกิจกรรม (P) 6.1 การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 6.2 สามารถเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้ 6.3 การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม	แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	21

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

1. นักเรียนสามารถอธิบายผลของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบสั่น

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนน
	3	2	1	
อธิบายผลของความเร่ง	อธิบายผลของความเร่งที่มี	อธิบายผลของความเร่งที่มีต่อ	อธิบายผลของความเร่งที่มีต่อ	

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนน
	3	2	1	
ที่มีต่อ การเคลื่อนที่ แบบสั่น	ต่อการ เคลื่อนที่แบบ สั่นได้ชัดเจน ละเอียดและ สอดคล้อง	การเคลื่อนที่แบบ สั่นได้ชัดเจน สอดคล้องแต่ไม่ ค่อยละเอียด	การเคลื่อนที่แบบ สั่นได้ชัดเจน แต่ ไม่สอดคล้องและ ไม่ละเอียด	

2. นักเรียนสามารถคำนวณหาพื้นที่ในการสร้างชิงช้า

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนน
	3	2	1	
คำนวณหา พื้นที่	คำนวณหาพื้นที่ โดยแสดงสูตร และรายละเอียด ครบถ้วน	คำนวณหาพื้นที่ โดยแสดงสูตร และรายละเอียด ไม่ครบถ้วน	คำนวณหาพื้นที่ โดยแสดงสูตร และรายละเอียด ไม่ครบถ้วน ขาดส่วนที่สำคัญ	

3. นักเรียนสามารถสร้างชิงช้าได้โดยการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนน
	3	2	1	
1. ความ สอดคล้อง ของ ชิ้นงานกับ แบบร่าง	ชิ้นงานที่สร้างขึ้น สอดคล้องกับแบบ ร่าง เป็นส่วนใหญ่ และมี การบันทึก ข้อมูลการ ปรับ แบบร่างพร้อม	ชิ้นงานที่สร้างขึ้น สอดคล้องกับ แบบร่าง เป็น บางส่วน และมี การบันทึกข้อมูล การ ปรับแบบร่าง	ชิ้นงานที่สร้างขึ้น สอดคล้องกับ แบบร่าง และไม่มี การบันทึก ข้อมูล การปรับแบบร่าง	

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนน
	3	2	1	
	เหตุผล	พร้อม เหตุผล		
2. ความคิด สร้างสรรค์	ชิ้นงานแสดงให้เห็น ถึงความคิดที่แปลก ใหม่หรือ ประยุกต์ได้ แตกต่างจากเดิม	ชิ้นงานแสดงให้เห็น ถึงความคิดที่แปลก ใหม่หรือ ประยุกต์ได้ แตกต่างจากเดิม ไม่ มาก	ชิ้นงานไม่แสดงให้เห็น ถึงความคิดที่แปลก ใหม่หรือ ประยุกต์ได้ แตกต่างจากเดิม	
3. การ นำเสนอ	อธิบายแนวคิด ของ การสร้าง ชิ้นงานได้ ถูกต้อง ตามหลัก วิชาการ และใช้คำศัพท์ ทางวิทยาศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ ได้อย่าง ถูกต้อง	อธิบายแนวคิด ของ การสร้าง ชิ้นงานได้ ถูกต้อง ตามหลัก วิชาการ แต่ใช้คำศัพท์ ทางวิทยาศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ ได้ไม่ ถูกต้อง	อธิบายแนวคิด ของ การสร้าง ชิ้นงานได้ไม่ ถูกต้องตามหลัก วิชาการ	

4. นักเรียนสามารถปฏิบัติการสร้างซึ่งเข้าตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนน
	3	2	1	
สามารถ ปฏิบัติ กระบวนการ ออกแบบ เชิง วิศวกรรม	สามารถปฏิบัติ กระบวนการ ออกแบบ เชิงวิศวกรรมได้ ตามขั้นตอน ครบถ้วนสมบูรณ์	สามารถปฏิบัติ กระบวนการ ออกแบบ เชิงวิศวกรรมได้ ตามขั้นตอน ครบถ้วนแต่ไม่ ค่อยสมบูรณ์	สามารถปฏิบัติ กระบวนการ ออกแบบ เชิงวิศวกรรมได้ ตามขั้นตอน แต่ ไม่ครบถ้วน	

5. นักเรียนสามารถส่งชิ้นงานตามเวลาที่กำหนด

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนน
	3	2	1	
ส่งงานตามเวลา	ส่งงานตรงตามเวลาที่กำหนด	ส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด 1-5 นาที	ส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนดมากกว่า 5 นาทีขึ้นไป	

6. นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากการทำกิจกรรม

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนที่ได้
	3	2	1	
1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน				
1.1 การค้นพบ มุมมองและความสามารถของสมาชิกในทีม	สมาชิกทุกคนมีการสื่อสารพูดคุยระหว่างสมาชิกเกี่ยวกับความสามารถในด้านต่างๆ ของสมาชิกโดยมีการแบ่งหน้าที่ตามความสามารถ	สมาชิกบางคนมีการสื่อสารพูดคุยระหว่างสมาชิกเกี่ยวกับความสามารถในด้านต่างๆ ของสมาชิกโดยมีการแบ่งหน้าที่ตามความสามารถ	สมาชิกไม่มีการสื่อสารพูดคุยระหว่างสมาชิกเกี่ยวกับความสามารถในด้านต่างๆ ของสมาชิก แต่มีการแบ่งหน้าที่ที่ไม่ตรงตามความสามารถ	

ประเด็น การประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนที่ ได้
	3	2	1	
1.2 การแบ่งปัน ข้อมูล และ การเจรจา เกี่ยวกับ การทำความ เข้าใจปัญหา ร่วมกัน	สมาชิกทุกคนมี การสื่อสารพูดคุย ระหว่างสมาชิก เกี่ยวกับ ความเข้าใจปัญหา	สมาชิกบางคนมี การสื่อสารพูดคุย ระหว่างสมาชิก เกี่ยวกับ ความเข้าใจปัญหา	สมาชิกไม่มี การสื่อสารพูดคุย ระหว่างสมาชิก เกี่ยวกับ ความเข้าใจปัญหา	
1.3 การสื่อสารกับ สมาชิกในกลุ่ม เกี่ยวกับ การกระทำ การแก้ปัญหา	สมาชิกทุกคนมี ปฏิสัมพันธ์ใน การแก้ปัญหาตลอด การดำเนินการที่ ได้รับมอบหมายโดย ไม่ออกนอกประเด็น	สมาชิกบางคนมี ปฏิสัมพันธ์ใน การแก้ปัญหา ตลอด การดำเนินการที่ ได้รับมอบหมาย โดยไม่ออกนอก ประเด็น	สมาชิกไม่มี การปฏิสัมพันธ์ ระหว่างกันหรือ สมาชิกบางคนมี ปฏิสัมพันธ์แต่ไม่ ตลอดการ ดำเนินการ	
1.4 การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจ เกี่ยวกับปัญหา ร่วมกัน	สมาชิกทุกคนมี การพูดคุยเพื่อ การตรวจสอบ ความเข้าใจปัญหา ร่วมกัน	สมาชิกบางคนมี การพูดคุยเพื่อ การตรวจสอบ ความเข้าใจปัญหา ร่วมกัน	สมาชิกต่างคนต่าง คิดเกี่ยวกับปัญหา	

ประเด็น การประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนที่ ได้
	3	2	1	
2. สามารถเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้				
2.1 การค้นพบ ความสัมพันธ์ แบบร่วมมือกัน ใน การแก้ปัญหาที่ เกิดขึ้นให้ บรรลุเป้าหมาย	สมาชิกทุกคนเข้าใจ ปัญหาและสื่อสาร แนวทาง การแก้ปัญหาที่ เหมาะสมเพื่อให้ บรรลุเป้าหมาย	สมาชิกบางคน เข้าใจปัญหาและ สื่อสารแนว ทางการแก้ปัญหา ที่เหมาะสมเพื่อให้ บรรลุเป้าหมาย	สมาชิกบางคนเข้าใจ ปัญหาแต่ไม่สื่อสาร แนวทาง การแก้ปัญหาที่ เหมาะสมเพื่อให้ บรรลุเป้าหมาย	
2.2 การระบุ และอธิบายงาน ที่ต้องทำให้ สำเร็จ	สมาชิกทุกคนมี การสื่อสารโดยใช้ การอธิบาย ให้ เหตุผล และ การโต้แย้ง	สมาชิกบางคนมี การสื่อสารโดยใช้ การอธิบาย ให้ เหตุผล และ การโต้แย้ง	สมาชิกไม่มี การสื่อสารโดยใช้ การอธิบาย ให้ เหตุผล และ การโต้แย้ง	
2.3 การวางแผน การแก้ปัญหา	สมาชิกทุกคนมีการ วางแผน การแก้ปัญหา ร่วมกัน	สมาชิกบางคนมี การวางแผน การแก้ปัญหา ร่วมกัน	สมาชิกไม่มี การวางแผน การแก้ปัญหา ร่วมกัน	
2.4 การตรวจสอบ ผลของ การดำเนินงาน	สมาชิกทุกคนมีส่วน ร่วมใน การตรวจสอบผล	สมาชิกบางคนมี ส่วนร่วมใน การตรวจสอบผล	สมาชิกไม่มีส่วนร่วม ใน การตรวจสอบผล	

ประเด็น การประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนที่ ได้
	3	2	1	
และ การประเมิน ความสำเร็จใน การแก้ปัญหา	ของการดำเนินงาน และการประเมิน ความสำเร็จใน การแก้ปัญหา	ของการดำเนินงาน และการประเมิน ความสำเร็จใน การแก้ปัญหา	ของการดำเนินงาน และการประเมิน ความสำเร็จใน การแก้ปัญหา	
3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
3.1 การเข้าใจ บทบาทหน้าที่ ในการ แก้ปัญหา	สมาชิกทุกคนปฏิบัติ ตามบทบาทหน้าที่ ของตนและ ดำเนินการตามแผน ที่วางไว้ร่วมกัน	สมาชิกบางคน ปฏิบัติตามบทบาท หน้าที่ของตนและ ดำเนินการตาม แผนที่วางไว้ ร่วมกัน	สมาชิกไม่ปฏิบัติ ตามบทบาทหน้าที่ ของตนและ ดำเนินการตามแผน ที่วางไว้ร่วมกัน	
3.2 การอธิบาย บทบาทหน้าที่ ของตน และ ระเบียบของ กลุ่ม	สมาชิกทุกคนมีส่วน ร่วมปฏิบัติหน้าที่ ตามบทบาท และไม่ ก้าวก่ายหน้าที่ของ คนอื่น	สมาชิกบางคนมี ส่วนร่วมปฏิบัติ หน้าที่ตามบทบาท และไม่ก้าวก่าย หน้าที่ของคนอื่น	สมาชิกบางคนมี ส่วนร่วมปฏิบัติ หน้าที่ตามบทบาท แต่ก้าวก่ายหน้าที่ ของคนอื่น	
3.3 การทำ ตามกฎระเบียบ ของกลุ่ม ที่ตกลงร่วมกัน	สมาชิกทุกคนมีส่วน ร่วมปฏิบัติตาม ขั้นตอนดำเนินงาน ของกลุ่ม	สมาชิกบางคนมี ส่วนร่วมปฏิบัติ ตามขั้นตอน ดำเนินงานของ	สมาชิกไม่มีส่วนร่วม ปฏิบัติตามขั้นตอน ดำเนินงานของกลุ่ม	

ประเด็น การประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนที่ ได้
	3	2	1	
และ การประเมิน ความสำเร็จใน การแก้ปัญหา	ของการดำเนินงาน และการประเมิน ความสำเร็จใน การแก้ปัญหา	ของการดำเนินงาน และการประเมิน ความสำเร็จใน การแก้ปัญหา	ของการดำเนินงาน และการประเมิน ความสำเร็จใน การแก้ปัญหา	
3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
3.1 การเข้าใจ บทบาทหน้าที่ ในการ แก้ปัญหา	สมาชิกทุกคนปฏิบัติ ตามบทบาทหน้าที่ ของตนและ ดำเนินการตามแผน ที่วางไว้ร่วมกัน	สมาชิกบางคน ปฏิบัติตามบทบาท หน้าที่ของตนและ ดำเนินการตาม แผนที่วางไว้ ร่วมกัน	สมาชิกไม่ปฏิบัติ ตามบทบาทหน้าที่ ของตนและ ดำเนินการตามแผน ที่วางไว้ร่วมกัน	
3.2 การอธิบาย บทบาทหน้าที่ ของตน และ ระเบียบของ กลุ่ม	สมาชิกทุกคนมีส่วน ร่วมปฏิบัติหน้าที่ ตามบทบาท และไม่ ก้าวก่ายหน้าที่ของ คนอื่น	สมาชิกบางคนมี ส่วนร่วมปฏิบัติ หน้าที่ตามบทบาท และไม่ก้าวก่าย หน้าที่ของคนอื่น	สมาชิกบางคนมี ส่วนร่วมปฏิบัติ หน้าที่ตามบทบาท แต่ก้าวก่ายหน้าที่ ของคนอื่น	
3.3 การทำ ตามกฎระเบียบ ของกลุ่ม ที่ตกลงร่วมกัน	สมาชิกทุกคนมีส่วน ร่วมปฏิบัติตาม ขั้นตอนดำเนินงาน ของกลุ่ม	สมาชิกบางคนมี ส่วนร่วมปฏิบัติ ตามขั้นตอน ดำเนินงานของ	สมาชิกไม่มีส่วนร่วม ปฏิบัติตามขั้นตอน ดำเนินงานของกลุ่ม	

ประเด็น การประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนที่ ได้
	3	2	1	
กลุ่ม				
3.4 การตรวจสอบ การให้ คำแนะนำ และ การปรับปรุง บทบาทหน้าที่ ของ สมาชิกใน กลุ่ม	สมาชิกทุกคนมีส่วน ร่วมในการให้ คำแนะนำ การปฏิบัติหน้าที่ ตามขั้นตอน ดำเนินงานของกลุ่ม	สมาชิกบางคนมี ส่วนร่วมในการให้ คำแนะนำ การปฏิบัติหน้าที่ ตามขั้นตอน ดำเนินงานของ กลุ่ม	สมาชิกไม่มีส่วนร่วม ในการให้คำแนะนำ การปฏิบัติหน้าที่ ตามขั้นตอน ดำเนินงานของกลุ่ม	

กิจกรรม ได้ชิงช้า swing

จุดประสงค์การเรียนรู้

เวลา 3 ชั่วโมง

1. นักเรียนสามารถอธิบายผลของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบ
สั่น
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาพื้นที่ในการสร้างชิงช้า
3. นักเรียนสามารถสร้างชิงช้าได้โดยการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม
4. นักเรียนสามารถปฏิบัติการสร้างชิงช้าตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
5. นักเรียนสามารถส่งชิ้นงานตามเวลาที่กำหนด
6. นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากการทำกิจกรรม

วัสดุอุปกรณ์

ที่	รายการ	จำนวน (ชิ้น)	ที่	รายการ	จำนวน (ชิ้น)
1.	ไม้ไผ่คิม	5 อัน	9.	เชือกสีขา	1 ม้วน
2.	ไม้เสียบลูกชิ้น	5 อัน	10.	เชือกเอ็น	1 ม้วน
3.	หนังยาง	5 วง	11.	เชือกแดงขาว	1 ม้วน
4.	ฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด 1/2 A4	1 แผ่น	12.	ไม้บรรทัด	1 อัน
5.	ปืนกาว	1 อัน	13.	กระดาษกาว 2 หน้า แบบบาง	1 ม้วน
6.	แท่งกาว	1 แท่ง	14.	ลูกแก้ว	2 ลูก
7.	เทปใส	1 ม้วน	15.	คัตเตอร์	1 อัน
8.	ดินน้ำมันก้อนใหญ่	1 ก้อน	16.	กรรไกร	1 อัน
			17.	เครื่องวงกลม	1 อัน

ใบกิจกรรมที่ 1

1. “ชิงช้าของอาซา มีอยู่ 3 แบบ คือแบบกระโຈມสี่เส้า แบบระหัดวิดน้ำ และแบบสำหรับเด็ก ในการเล่นชิงช้านั้นต้องคอยระมัดระวังมิให้สายขาด หากผู้ใดทำสายชิงช้าขาดจะถูกปรับให้เสียหมู 1 ตัว เพื่อนำไปเช่น ขอขมาต่อผีประจำชิงช้าและสายเชือก ในเทศกาลไล่ชิงช้านี้ บางคนกล่าวว่ามีข้อกำหนดบังคับให้ทุกคนต้องเล่นไล่ชิงช้าเพื่อให้ทุกคนได้ปลอดภัยจากผีร้ายด้วย”

ถ้านักเรียนถูกจ้างจากสมาชิกของชาวอาซาให้ออกแบบชิงช้าที่ปลอดภัย ไม่ขาดง่ายและสวยงาม และไกวชิงช้าให้นานที่สุด ในที่มิวิศวกรรม ประกอบด้วย หัวหน้าทีม นักออกแบบ นักวิศวกร ช่างก่อสร้าง กำหนดพื้นที่ที่ใช้สร้าง คือ 20x15 ตารางเมตร (มาตราส่วน 1 เมตร: 100 เซนติเมตร) และใช้งบประมาณที่น้อย จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีปัญหาหรือความต้องการในเรื่องใดบ้าง?

สมาชิกคนที่ 1 (หัวหน้าทีม) ระบุว่า

.....

สมาชิกคนที่ 2 (นักออกแบบ) ระบุว่า

.....

สมาชิกคนที่ 3 (นักวิศวกร) ระบุว่า

.....

สมาชิกคนที่ 4 (ช่างก่อสร้าง) ระบุว่า

.....

สมาชิกคนที่ 5 (ช่างก่อสร้าง) ระบุว่า

.....

สรุปรวมของกลุ่ม

.....

.....

2. เงื่อนไขมีอะไรบ้าง

.....

.....

3. นักเรียนคิดว่าจะต้องใช้ความรู้เรื่องใดบ้างในการออกแบบชิงช้าจากสถานการณ์ที่กำหนด?.....

.....

หน้าที่ของสมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ.....รับหน้าที่เป็น.....
หน้าที่.....

2. ชื่อ.....รับหน้าที่เป็น.....
หน้าที่.....

3. ชื่อ.....รับหน้าที่เป็น.....
หน้าที่.....

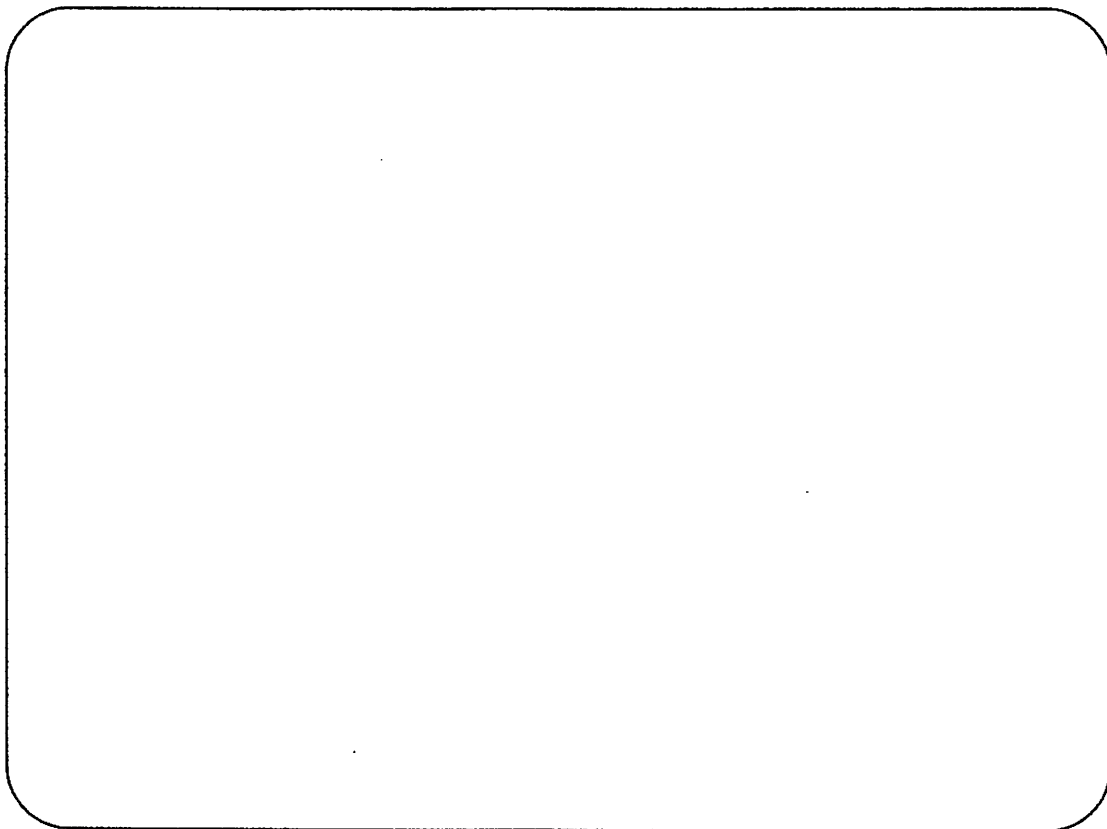
4. ชื่อ.....รับหน้าที่เป็น.....
หน้าที่.....

5. ชื่อ.....รับหน้าที่เป็น.....
หน้าที่.....

6. ชื่อ.....รับหน้าที่เป็น.....
หน้าที่.....



ภาพร่างการออกแบบ



วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

วัสดุอุปกรณ์	ใช้/ไม่ใช้ เพราะเหตุใด	จำนวน	ราคา
ไม้ไผ่ติ่ม			
ไม้เสียบลูกชิ้น			
หนังยาง			
ฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด 1/2 A4			
ปืนกาว			
แท่งกาว			
เทปใส			
ดินน้ำมันก้อนใหญ่			
เชือกขาว			
เชือกเอ็น			
เชือกแดงขาว			
ไม้บรรทัด			
กระดาษกาว 2 หน้า แบบบาง			
ลูกแก้ว			
คัตเตอร์			
กรรไกร			
เครื่องวงกลม			
รวม			

ใบกิจกรรมที่ 2

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทดสอบการไล่ชิงช้า

ครั้งที่	ความยาวชิงช้า (เซนติเมตร)	คาบ = เวลาที่ครบ 1 รอบ (วินาที)	ความถี่ = 1/คาบ (เฮิรตซ์)

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนวาดภาพพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างเครื่องยิงและแสดงวิธีในการหาพื้นที่

เฉลย ใบกิจกรรมที่ 1

1. ถ้านักเรียนถูกจ้างจากสมาชิกของชาวอาข่าให้ออกแบบชิงช้าที่ปลอดภัย ไม่ขาดงายและสวยงาม และไกวชิงช้าให้นานที่สุด ในที่มวิศกร ประกอบด้วย หัวหน้าทีม นักออกแบบ นักวิศวกร ช่างก่อสร้าง กำหนดพื้นที่ที่ใช้สร้าง คือ 20x15 ตารางเมตร (มาตราส่วน 1 เมตร: 100 เซนติเมตร) และใช้งบประมาณที่น้อย จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีปัญหาหรือความต้องการในเรื่องใดบ้าง? ชิงช้าที่รวมในพิธีโล้ชิงช้าที่ปลอดภัย

2. เงื่อนไขมีอะไรบ้าง

- 1. ชิงช้าที่ปลอดภัยไม่ขาดงาย
- 2. สวยงาม
- 3. ไกวชิงช้าให้นานที่สุด
- 4. ในที่มวิศกร ประกอบด้วย หัวหน้าทีม นักออกแบบ นักวิศวกร ช่างก่อสร้าง
- 5. กำหนดพื้นที่ที่ใช้สร้าง คือ 20x15 ตารางเมตร (มาตราส่วน 1 m: 1 cm)
- 6. และใช้งบประมาณที่น้อย

3. นักเรียนคิดว่าจะต้องใช้ความรู้เรื่องใดบ้างในการออกแบบชิงช้าจากสถานการณ์ที่กำหนด?

..... ความรู้ด้านหลักการทางฟิสิกส์ เช่น การสั่น คาบ ความถี่

..... ความรู้ด้านหลักการทางคณิตศาสตร์ เช่น การวัด สูตรการหาพื้นที่

เจลย ใบกิจกรรมที่ 2

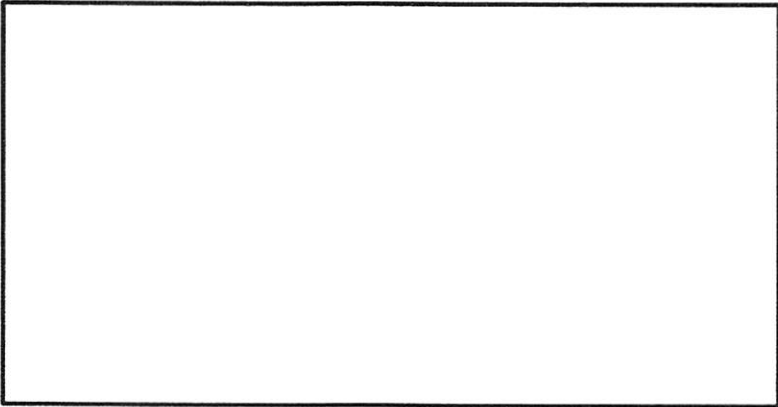
คำชี้แจง : ให้นักเรียนทดสอบการไล่ซึ่งช้า

ครั้งที่	ความยาวซึ่งช้า (เซนติเมตร)	คาบ = เวลาที่ครบ 1 รอบ (วินาที)	ความถี่ = 1/คาบ (เฮิรตซ์)

สรุปผลการทดลอง

ถ้าความถี่มากขึ้นคาบจะน้อยลง ถ้าความถี่น้อยลงคาบจะมากขึ้น นั่นคือคาบกับความถี่ แปรผกผันกัน ถ้าความยาวซึ่งช้ามากขึ้นความถี่จะน้อยลง ส่งผลให้คาบมากขึ้น และความยาวซึ่งช้าลดลงความถี่จะมากขึ้นส่งผลให้คาบน้อยลง

คำชี้แจง : ให้นักเรียนวาดภาพพื้นที่ที่ใช้ในการสร้างและแสดงวิธีในการหาพื้นที่



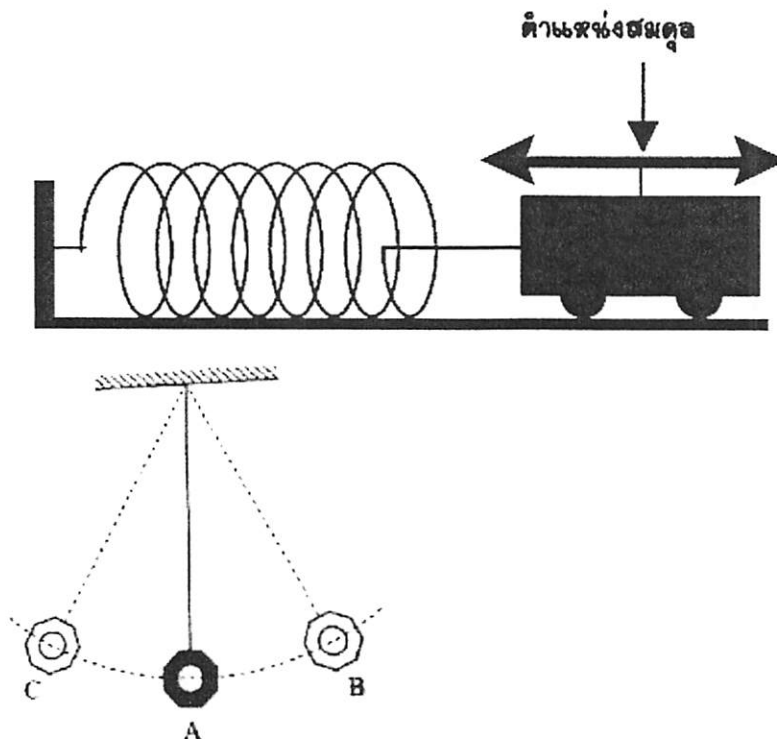
สูตรที่ใช้ในการคำนวณ กว้างxยาว

แนวการปรับปรุงชิ้นงาน

ครั้งที่	ผล การทดสอบ	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข
1		
2		

ใบความรู้ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบสั่น

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (Simple Harmonic Motion : SHM) คือ การเคลื่อนที่กลับไปมาซ้ำทางเดิมโดยผ่านตำแหน่งสมดุล และมีคาบของการเคลื่อนที่คงตัว เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุติดปลายสปริง การสั่นของสายเครื่องดนตรี การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา เป็นต้น



ปริมาณที่สำคัญในการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย คือ

1. ความถี่ (f) คือ จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ใน 1 วินาที หน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz)
2. การขจัด คือ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปโดยนับจากจุดสมดุล
3. คาบ (T) คือ เวลาในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ หน่วยเป็นวินาที (s)
4. แอมพลิจูด คือ ระยะทางมากที่สุดที่วัตถุจะสามารถเคลื่อนที่ไปได้ โดยนับจากจุดสมดุล เช่นเดียวกัน อาจพิจารณาได้ว่า แอมพลิจูดคือการขจัดที่มีปริมาณมากที่สุด

ความถี่และคาบมีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$T = \frac{1}{f}$$



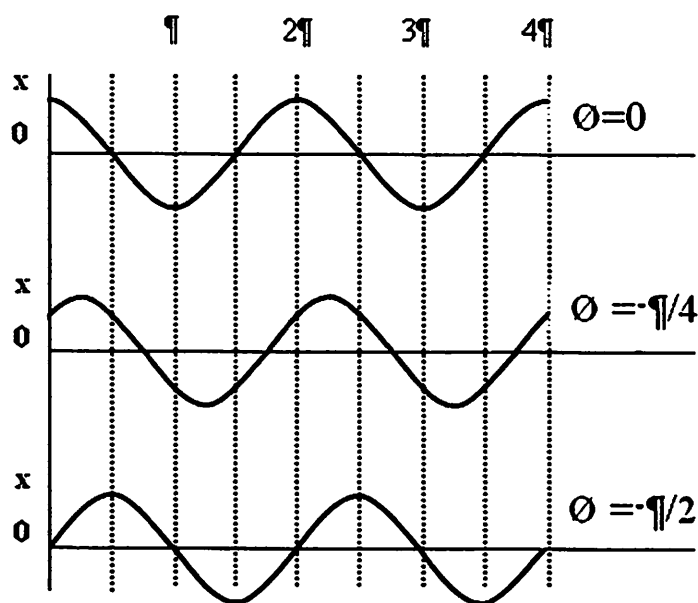
การกระจัด x ในรูปฟังก์ชันของเวลา t ของ SHM เขียนได้เป็น

$$x = x_m \cos(\omega t + \phi)$$

ซึ่ง x_m เป็นการกระจัดสูงสุดหรือแอมพลิจูด

ω เป็นความถี่เชิงมุมมีค่าเท่ากับ $2\pi f$ หรือ $\frac{2\pi}{T}$

ϕ เป็นค่าคงตัวทางเฟสหมายถึงเฟสเริ่มต้น



จากรูป หากอนุภาคเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งสมดุล ($x = 0$) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับกราฟของ

$$x = A \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

จะได้สมการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย รูปที่ไปเป็น $x = A \sin \omega t$ เมื่อ A คือ แอมพลิจูด

ลักษณะสำคัญประการหนึ่งของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย คือ การมีความเร่งแปรผันตรงกับ การกระจัด แต่มีทิศตรงกันข้าม โดยทิศของความเร่งจะเป็นทิศเดียวกับแรง และแรงจะต้องเป็นแรงเข้าสู่จุดสมดุลในขณะที่มีการขจัดมีทิศออกไปจากจุดสมดุลดังสมการขนาดความเร่งของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก (a_x) =

$$a_x = -\omega^2 x$$

ใบความรู้ 2 เรื่อง การหาพื้นที่

สูตรการหาพื้นที่และปริมาตรต่างๆ

1. สูตรการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส = ด้าน x ด้าน หรือ $(1/2) \times$ ผลคูณของเส้นทแยงมุม
2. สูตรการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า = กว้าง x ยาว
3. สูตรการหาพื้นที่สามเหลี่ยม = $(1/2) \times$ ฐาน x สูง
4. สูตรการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน = ฐาน x สูง หรือ $(1/2) \times$ ผลคูณของเส้นทแยงมุม
5. สูตรการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมด้านขนาน = ฐาน x สูง
6. สูตรการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมรูปว่าว = $(1/2) \times$ ผลคูณของเส้นทแยงมุม
7. สูตรการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า = $(1/2) \times$ เส้นทแยงมุม x ผลบวกของเส้นกึ่ง = พาย x รัศมี²
9. สูตรการหาปริมาตรทรงลูกบาศก์ = ด้าน³
10. สูตรการหาปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง x ยาว x สูง
11. สูตรการหาปริมาตรทรงกลม = $(4/3) \times$ พาย x รัศมี³
12. สูตรการหาปริมาตรทรงกระบอก = พาย x รัศมี² x สูง
13. สูตรการหาปริมาตรทรงกรวย = $(1/3) \times$ พาย x รัศมี² x สูง
14. สูตรการหาปริมาตรปริซึม = พื้นที่ฐาน x สูง

*พายมีค่าเท่ากับ 22/7 หรือ 3.14

ภาคผนวก ง แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ที่...

สังเกตครั้งที่.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....

จำนวน.....ชั่วโมง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....4.....ภาคเรียนที่.....2.....ปีการศึกษา.2562..

ครูผู้สอน นางสาวนัตยา หัสมินทร์

คำชี้แจง

1. แบบสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับนี้ ใช้สำหรับสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม
แนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา
แบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ซึ่งมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน
ได้แก่

1. ถาม (Ask)
2. จินตนาการ (Imagine)
3. วางแผน (Plan)
4. สร้าง (Create)
5. การทดสอบ (Experiment)
6. ปรับปรุง (Improve)

2. ขอให้ผู้วิจัยและครูประจำการพิจารณาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย พร้อมทั้งบันทึก
รายละเอียดของการสังเกต ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ในแต่ละขั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
ของผู้วิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ซึ่งมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ถาม (Ask)

1.1 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ในประเด็นต่อไปนี้หรือไม่ อย่างไร การสร้างและเก็บความเข้าใจที่มีร่วมกัน

ข้อที่ 1 การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในทีม

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

ข้อที่ 2 การแบ่งปันข้อมูล และการเจรจาเกี่ยวกับการทำ ความเข้าใจปัญหา ร่วมกัน

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

ข้อที่ 3 การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับ การกระทำ การแก้ปัญหา

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ข้อที่ 2 การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตน และระเบียบของกลุ่ม

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

1.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

1.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

2. จินตนาการ (Imagine)

2.1 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ในประเด็นต่อไปนี้หรือไม่ อย่างไรก็ตาม การสร้างและเก็บความเข้าใจที่มีร่วมกัน

ข้อที่ 2 การแบ่งปันข้อมูล และการเจรจาเกี่ยวกับการทำ ความเข้าใจปัญหา ร่วมกัน

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

.....

ข้อที่ 4 การตรวจสอบ และปรับปรุง ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกัน

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

.....

การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ข้อที่ 1 การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

.....

2.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

2.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

3. วางแผน (Plan)

3.1 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ในประเด็นต่อไปนี้หรือไม่ อย่างไร
การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ข้อที่ 1 การค้นพบความสัมพันธ์แบบร่วมมือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้ บรรลุเป้าหมาย

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

.....

ข้อที่ 3 การวางแผนการแก้ปัญหา

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

.....

การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ข้อที่ 2 การอธิบายบทบาทหน้าที่ของตน และระเบียบของกลุ่ม

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

.....

3.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

3.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

4. สร้าง (Create)

4.1 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ในประเด็นต่อไปนี้หรือไม่ อย่างไร
การสร้างและเก็บความเข้าใจที่มีร่วมกัน

ข้อที่ 3 การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับ การกระทำ การแก้ปัญหา

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

.....

การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ข้อ 2 การระบุและอธิบายงานที่ต้องทำให้สำเร็จ

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ข้อที่ 1 การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

ข้อที่ 4 การตรวจสอบ การให้คำแนะนำ และการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของ สมาชิกในกลุ่ม

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

4.2 ปัญหาและอุปสรรค

4.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

5. การทดสอบ (Experiment)

5.1 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ในประเด็นต่อไปนี้หรือไม่ อย่างไร

การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ข้อที่ 4 การตรวจสอบผลของการดำเนินงาน และการประเมินความสำเร็จใน การแก้ปัญหา

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ข้อที่ 3 การทำ ตามกฎระเบียบของกลุ่ม ที่ตกลงร่วมกัน

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

.....

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

5.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

6. ปรับปรุง (Improve)

6.1 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ในประเด็นต่อไปนี้หรือไม่
อย่างไร

การสร้างและเก็บความเข้าใจที่มีร่วมกัน

ข้อที่ 3 การสื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับ การกระทำ การแก้ปัญหา

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

.....

การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ข้อที่ 1 การเข้าใจบทบาทหน้าที่ในการแก้ปัญหา

ได้ ไม่ได้ ไม่แน่ใจ

.....

.....

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

6.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....
.....

6.4 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ.....

(.....)

**ภาคผนวก จ แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่
แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

**แบบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

ผู้สอน นางสาวนัตยา หัสมิตร

ภาคเรียนที่ 2/2562

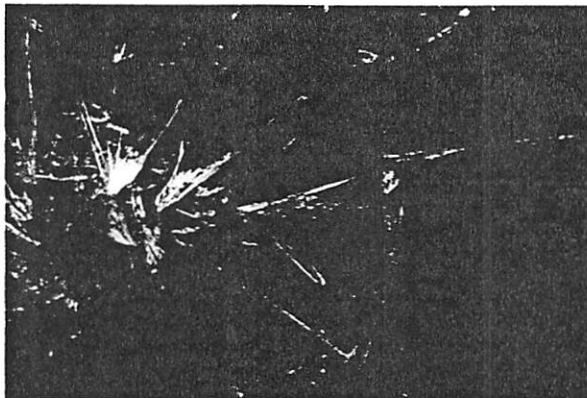
คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในกระดาษคำถาม เพื่อหาคำตอบหรือแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม
2. แบบทดสอบนี้มีทั้งหมด ...9.... หน้า ประกอบด้วย 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ รวมทั้งหมด 12 ข้อ
3. เวลาในการทำแบบทดสอบ 45 นาที

คำอธิบาย

แบบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นี้เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน ซึ่งเป็นสมรรถนะที่มีความสำคัญในการดำเนินชีวิต ซึ่งลักษณะแบบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนี้จะสร้างขึ้นตามแนวคิดของ PISA2015 โดยมีบริบทของแบบทดสอบดังนี้ คือ ลักษณะเฉพาะของงาน โครงเรื่องของปัญหา การสื่อสารจากเนื้อเรื่อง และองค์ประกอบของกลุ่ม

สถานการณ์ที่ 1 ข่าวดังทัก! ทหารซ้อมยิงปืนใหญ่ พลาดเป้าตกใส่บ้าน-รถ ชาวนครสวรรค์



ทหารซ้อมรบ ยิงกระสุนปืนใหญ่พลาดเป้าตกใส่บ้าน-รถ ประชาชน จ.นครสวรรค์
โชครดีไม่มีใครบาดเจ็บ เสียชีวิต

เมื่อวันที่ 16 มีนาคม เวลา 12.00 น. พ.ต.ท.ญาณวรรณ ธีรบุรุษวรลักษณ์ สารวัตรเวร สภ.หนองปลิง อ.เมือง จ.นครสวรรค์ ได้รับแจ้งว่า บริเวณถนนยางตาล-เขาทอง ต.เขาทอง อ.พยุหะคีรี จ.นครสวรรค์ มีกระสุนปืนใหญ่ขนาด 105 มม. ของทหารตกใส่ประชาชน จึงเข้าไปตรวจสอบยังที่เกิดเหตุ พบว่ามีความเสียหายจากแรงระเบิด 2 จุดด้วยกัน คือ จุดแรก อยู่ในป่า, จุดที่ 2 อยู่ใกล้บ้านเรือนประชาชน โดยสะเก็ดระเบิดทำผนังบ้านหน้าต่างเสียหายหลายจุด มีหลุมกว้างราว 1 เมตร แต่โชครดีไม่มีใครบาดเจ็บหรือเสียชีวิต

นอกจากนี้ แรงระเบิดของกระสุนดังกล่าว ทำให้นางกิตติชญาห์ ซึ่งกำลังขับรถแท็กซี่ บนถนนเส้นเขาทอง-ม.มหิดล ได้รับผลกระทบจากสะเก็ดระเบิดไปด้วย คือ กระเจกด้านข้างคนขับทะลุประตูหลังแตกเสียหาย โดยที่ไม่มีใครได้รับบาดเจ็บ

อ้างอิงจาก เรียบเรียงข้อมูลโดยกระปุกดอทคอม

จากปัญหาดังกล่าวนักเรียนและเพื่อน ๆ ในกลุ่ม การสร้างแบบจำลองกระสุนเมื่อตกกระทบไม่เกิดการแตกกระจายของกระสุนออกมา จะต้องทำการหาว่าทิศทางของกระสุนปืนมาจากที่ใด และหาสาเหตุที่ทำให้กระสุนปืนใหญ่ไม่ตกในตำแหน่งที่เป็นเป้าหมาย เพื่อไม่ให้เหตุการณ์นี้เกิดขึ้นอีกเพราะถ้าเกิดอีกอาจได้รับความเสียหาย โดยสร้างแบบจำลองขึ้นมาและทำการศึกษา และใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน

ถ้าสมมติให้นักเรียนเป็นนักพิสูจน์หลักฐานทำการแก้ปัญหาไม่ให้เหตุการณ์นี้เกิดขึ้น นักเรียนกับสมาชิกกลุ่มอีก 4 คน และแต่ละคนมีความสามารถหรือความถนัดที่แตกต่างกันดังนี้

สมาชิกคนที่ 1 (เอ็ม) มีความสามารถด้านคณิตศาสตร์ มีทักษะในการคำนวณ

สมาชิกคนที่ 2 (ที) มีความสามารถด้านเทคโนโลยี ชอบซ่อมอุปกรณ์

สมาชิกคนที่ 3 (พี) มีความสามารถด้านฟิสิกส์ เป็นคนมีเหตุผล ละเอียดรอบคอบ และช่างสังเกต

สมาชิกคนที่ 4 (เอ) มีความสามารถการวาดรูป

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนแบ่งหน้าที่การทำงานของสมาชิกในกลุ่ม พร้อมอธิบายเหตุผล (หัวหน้าทีม ผู้ออกแบบ ผู้ประดิษฐ์ ผู้คำนวณ ผู้ประเมินสถานการณ์)

.....

.....

.....

.....

2. ถ้าในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวนี้ ในกลุ่มจะต้องทำการสร้างแบบจำลอง กระสุนเมื่อตกกระทบไม่เกิดการแตกกระจายของกระสุนออกมา และนักเรียนได้สังเกตเห็นว่ามีเพื่อนสมาชิกคนหนึ่งไม่ได้ดำเนินการตามที่วางแผนไว้ คือ เพื่อนได้รับมอบหมายให้เป็นผู้ประดิษฐ์ ในการสร้างแบบจำลองแต่เพื่อนสมาชิกคนนั้นไปช่วยเพื่อนอีกคนคำนวณ ในฐานะที่นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มนักเรียนจะทำอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

3. ถ้าในระหว่างการแบ่งหน้าที่ในการดำเนินงาน แล้วสรุปว่าเพื่อนสมาชิกส่วนใหญ่ให้นักเรียนทำหน้าที่ในประดิษฐ์แบบจำลอง แต่ในขณะนั้นนักเรียนรู้สึกว่่านักเรียนสามารถทำการคำนวณได้ดีกว่าเพื่อนสมาชิกอีกคน นักเรียนจะทำอย่างไร จงอธิบายเหตุผล

- 1) ยอมรับหน้าที่ แล้วดำเนินการประดิษฐ์แบบจำลองตามที่ได้รับมอบหมาย
- 2) ขอแลกหน้าที่ในการคำนวณกับเพื่อนสมาชิกอีกคน
- 3) รับผิดชอบการประดิษฐ์แบบจำลอง ด้วยความกระวนกระวาย
- 4) บอกกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มเพื่อขอทำหน้าที่ในการคำนวณช่วยเพื่อนหลังจากที่ตนเองรับทำหน้าที่ประดิษฐ์แบบจำลอง

.....

 4. ในระหว่างที่กลุ่มของนักเรียนกำลังจะเริ่มดำเนินการเพื่อการแก้ปัญหาตาม
 สถานการณ์ที่กำหนด

พี : ตอนนี้พวกเรารู้แล้วว่าปัญหาของสถานการณ์คืออะไร พวกเรามาเริ่มทำการ
 สร้างแบบจำลอง กันเลยดีกว่าไหม เพราะว่าเดี๋ยวเสียเวลาไปมากกว่านี้ เราคิดว่าพวกเราควรทำ
 อะไร

ที : ได้ๆ ลงมือกันเลย

เอ็ม : ได้ๆ เราเชื่อว่าสมาชิกหมายเลข 1 (หัวหน้าทีม) เป็นคนเก่งและต้องรู้ว่าเรา
 จะต้องทำอะไรบ้าง จึงทำตามที่เขาบอกเลยแล้วกัน เพื่อนๆ คนอื่น ตกลงไหม
 คำตอบของเขาคืออะไรที่เหมาะสมที่สุด

1) แต่เราว่าเราไปถามคุณครูก่อนดีกว่าไหม ว่าเราจะทำการแก้ปัญหาได้อย่างไร
 เพราะว่าครูน่าจะให้คำแนะนำเราได้ดีมาก ๆ แล้วการทดลองของเราจะได้มีความถูกต้องอีกด้วย
 เพื่อนคนอื่นล่ะ ว่ายังไง

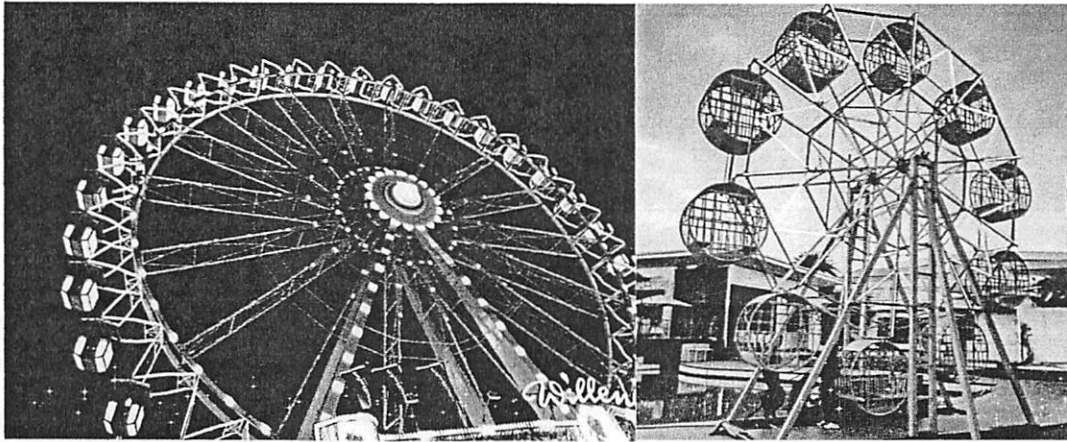
2) เราว่าก่อนอื่นให้หัวหน้ากลุ่มแบ่งงานและออกแบบขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหา
 ในครั้งนี้ก่อนไหม เพราะว่าเรายังไม่ได้วางแผนและไม่ได้มีหน้าที่ที่ชัดเจนเลยว่าใครจะทำหน้าที่
 อะไร ถ้าเราดำเนินการแก้ปัญหาโดยขาดการวางแผนแล้ว อาจจะทำให้งานไม่สำเร็จได้นะ

3) เพื่อนๆ พวกเรามองข้ามขั้นตอนที่สำคัญไปนะ เรายังไม่ได้วางแผนการดำเนินงานเลย
 จึงมารวมกันวางแผนการดำเนินงานกันก่อนดีกว่าไหม จะได้ทำให้การดำเนินการแก้ปัญหาง่าย
 ขึ้นด้วย

4) เราเห็นด้วยกับทีนะ ที่เพิ่งเสนอขึ้นมาว่าพวกเราควรทำการวางแผนการดำเนินงาน
 ก่อน เพราะการวางแผนการดำเนินงานถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้งานของเราสำเร็จไปได้
 ด้วยดี เพื่อนๆ คนอื่น มีความคิดเห็นอย่างไรบ้าง

สถานการณ์ที่ 2 ชิงช้าสวรรค์ (Ferris Wheel)

ชิงช้าสวรรค์ (Ferris Wheel) หมายถึง เครื่องเล่นที่ประกอบด้วยวงล้อหมุนขนาดใหญ่วางตัวในแนวตั้งหมุนรอบแกนตัวเองโดยการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า หรือเครื่องยนต์ ตัวโครงสร้างวงล้อหมุนจะติดอยู่กับฐานรองรับที่ส่งถ่ายน้ำหนักสู่ฐานราก ตัวโดยสำหรับขนส่งผู้เล่นจะแขวนติดกับขอบของวงล้อ



ในประเทศไทย ชิงช้าสวรรค์เป็นเครื่องเล่นที่เป็นที่นิยมอย่างสูง ในสวนสนุกเกือบทุกแห่งจะมีการติดตั้งเครื่องเล่นชิงช้าสวรรค์ไว้บริการ รวมไปถึงงานวัด งานเทศกาลต่างๆ ที่มีชิงช้าสวรรค์แบบชั่วคราวติดตั้งไว้และมีผู้เล่นที่เข้าไปใช้เครื่องเล่นชิงช้าสวรรค์เป็นจำนวนมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการแสดงรายละเอียดต่างๆ ของเครื่องเล่นชิงช้าสวรรค์เพื่อให้การดำเนินการเครื่องเล่นของสวนสนุก และสถานประกอบการทุกแห่งเป็นไปในทิศทางที่ถูกต้องและก่อให้เกิดความปลอดภัย

อ้างอิงจาก กรมโยธาธิการและผังเมือง

จากสถานการณ์หากต้องการสร้างชิงช้าสวรรค์ ที่มีความปลอดภัย ชาวในปัจจุบันมีเรื่องราวเกี่ยวกับความไม่ปลอดภัย และอันตรายจากการเล่นชิงช้าสวรรค์ กรมโยธาธิการจึงมีการออกคู่มือเพื่อแสดงรายละเอียดต่างๆ ของเครื่องเล่นชิงช้าสวรรค์เพื่อให้การดำเนินการเครื่องเล่นของสวนสนุก และสถานประกอบการทุกแห่งเป็นไปในทิศทางที่ถูกต้องและก่อให้เกิดความปลอดภัย จากสถานการณ์ ดังกล่าวนักเรียนและเพื่อน ๆ ในกลุ่ม ได้รับมอบหมายให้สร้างแบบจำลองชิงช้าสวรรค์อย่างปลอดภัย และทำการศึกษา และใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน

ถ้าสมมติให้นักเรียนทำการแก้ปัญหาไม่ให้เกิดกรณีนี้เกิดขึ้น นักเรียนกับสมาชิกกลุ่มอีก 4 คน และแต่ละคนมีความสามารถหรือความถนัดที่แตกต่างกันดังนี้

สมาชิกคนที่ 1 (เอ็ม) มีความสามารถด้านคณิตศาสตร์ มีทักษะในการคำนวณ

สมาชิกคนที่ 2 (ที) มีความสามารถด้านเทคโนโลยี ชอบซ่อมอุปกรณ์

สมาชิกคนที่ 3 (พี) มีความสามารถด้านฟิสิกส์ เป็นคนมีเหตุผล ละเอียดรอบคอบ และช่างสังเกต

สมาชิกคนที่ 4 (เอ) มีความสามารถการวาดรูป

1. ถ้าในขณะที่กลุ่มของนักเรียนกำลังดำเนินการแก้ปัญหาอยู่ แล้วนักเรียนพบว่าเพื่อนในกลุ่มคนหนึ่งไม่ได้ทำตามหน้าที่ที่กำหนดไว้ โดยนักเรียนคนนั้นได้ไปทำหน้าที่อีกหน้าที่หนึ่งกับเพื่อนอีกคน ในสถานการณ์นี้ นักเรียนจะทำอย่างไร

1) ทำหน้าที่ของตัวเองตามที่ได้รับมอบหมายให้ดีที่สุด เพราะไม่อย่างก็มีปัญหากับเพื่อนคนนั้น

2) รอให้มีสมาชิกคนอื่นบอกเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าวกับเพื่อนคนที่ไม่ทำงานตามที่ได้รับมอบหมายก่อนแล้วเราจึงพูดเสริมขึ้นในระหว่างที่เพื่อนกำลังอธิบาย เพื่อที่จะทำให้คำพูดของเพื่อนมีน้ำหนักมากยิ่งขึ้น

3) แจ้งข้อมูลนี้กับหัวหน้ากลุ่มเพื่อให้หัวหน้ากลุ่มดำเนินการแก้ปัญหาดังกล่าว

4) อธิบายถึงความสำคัญของการทำงานตามที่ได้รับมอบหมายแล้วบอกให้เพื่อนทำงานตามที่ตนเองได้รับก่อนที่จะไปช่วยผู้อื่น

2. ในระหว่างการทดลองเพื่อหาอัตราของการหมุนซึ่งช้าสวรค์มีผลต่อการหลุดของมวลที่ผูกติดกับชิงช้าสวรค์หรือไม่

เอ็ม : เราว่าผลการทดลองมันค่อนข้างดีเลยนะ

ที : เพราะอะไรเหรอ

เอ็ม : เพราะการทดลองเราลองปล่อยให้ชิงช้าสวรค์เคลื่อนที่ซ้ำ 3 ครั้ง ได้อัตราเร็ว

เท่ากับ 10 เซนติเมตร/วินาที เท่ากันทุกครั้งเลย

เอ : เป็นผลการทดลองที่ดีมาก การทดลองของเราจะได้ผลการทดลองที่ถูกต้องมากๆ เพราะวัดซ้ำ 3 ครั้งก็ได้ผลการทดลองที่ตรงกันทุกครั้งเลย

ที : เรารีบวัดอัตราเร็วจากชิงช้าสวรค์แบบอื่นที่มีรัศมีวงกลมต่างกันดีไหม แล้วสรุปผลการทดลองกันเถอะ

พี : พวกเขาไม่คิดว่ามันแปลกๆ เหรอ

ที : แปลกยังไงเหรอ เราว่ามันโอเคแล้วนะ เพื่อนๆ คนอื่นก็เห็นด้วยกับผลการทดลองเรามาสรุปผลการทดลองกันเลยดีกว่า

เอ : ลองทดลองอีกครั้งใหม่ แล้วค่อยสรุปผลทีหลัง

พี :

คำตอบของทองข้อใดที่เหมาะสมที่สุด

1) ก็ได้ แต่เอาอย่างนี้ดีไหม เราขอเสนอว่าเราควรแบ่งกันทดสอบวัตถุคนละชนิดกันแล้วเอาผลการทดลองมารวมกัน แล้วก็ช่วยกันสรุป และอภิปรายผลการทดลองร่วมกันในตอนท้ายงานของเราจะได้เสร็จไวและมีประสิทธิภาพมากๆ ใจ

2) เราขอแสดงความคิดเห็นนะ เราว่าผลการทดลองนี้ต้องผิดพลาดแน่ๆ เพราะใช้อัตราเร็วของชิงช้าสวรรค์ควรเร็วกว่านี้ เพราะไม่มีแรงเสียดทาน เราควรลองหาวิธีตรวจสอบว่ารัศมีที่วัดความโค้งโดยไม้บรรทัดถูกต้องหรือเปล่า หรือนาฬิกาจับเวลามีปัญหาหรือเปล่า เช่น การลองหาค่าอัตราเร็วจากการวัดความถี่ดีกว่าไหม เปลี่ยนเป็นสายวัดเอวมาวัดรัศมี แล้วลองมาคำนวณหาอัตราเร็ว ดูว่ามันค่าที่เท่ากับ 10 หรือไม่

3) เราอย่าเพิ่งสรุปผลการทดลองเลย เราช่วยกันเก็บอุปกรณ์การทำการก่อนดีกว่า ส่วนผลการทดลองเราค่อยมาช่วยกันสรุปอีกทีว่ามันถูกไหม หลังจากที่เราดูผลการทดลองของกลุ่มอื่นก่อน

4) เราเสนอความคิดเห็นเพิ่มเติมจากทีนะ เราอย่าเพิ่งสรุปผลการทดลองเลย เรามาทำการทดลองซ้ำอีกทีดีกว่าไหม เพราะใช้อัตราเร็วของรถควรเร็วกว่านี้ ส่วนผลการทดลองเราค่อยมาช่วยกันสรุปอีกทีว่ามันถูกไหม

3. ในการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ในครั้งนี้ ถ้านักเรียนพบว่าระหว่างดำเนินงานนักเรียนคิดว่าต้องมีความผิดพลาดในการวางลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาและการทำการทดลองอย่างแน่นอน นักเรียนจะทำอย่างไร

1) แจ้งข้อสงสัยนี้แก่หัวหน้ากลุ่มเพื่อทำการตัดสินใจ

2) แจ้งข้อสงสัยแก่เพื่อนๆ ทุกคนในกลุ่ม เพื่อทำการอภิปราย หรือแสดงผลแล้วทำการปรับปรุงแผนการดำเนินงานตามความเหมาะสม

3) ไม่บอกใคร เพราะต้องทำงานตามแผนที่วางไว้ในตอนแรก แล้วถ้าเกิดมีปัญหาขึ้นมาในภายหลังแล้วค่อยแจ้งข้อมูลเกี่ยวกับข้อผิดพลาดดังกล่าวกับเพื่อนๆ

4) ไม่บอกใคร แล้วดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่ตัวเองคิดว่าถูกต้อง เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องของการเสียเวลาในการพูดคุยกับเพื่อนๆ เกี่ยวกับความผิดพลาดของขั้นตอนดังกล่าว

4. ในระหว่างที่กลุ่มของนักเรียนกำลังจะเริ่มดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาโดยการระบุประเด็นปัญหา ผลกระทบและสาเหตุของปัญหา แล้วนักเรียนสังเกตเห็นว่าเพื่อนของนักเรียนมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับหน้าที่ที่ได้รับ นักเรียนจะอย่างไรและทำในช่วงเวลาใด (ทันทีที่สังเกตเห็นหรือปล่อยเวลาไปสักพักจนแน่ใจมากกว่านี้)

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 3 สะพานทาโคมาแนโรส

สะพานทาโคมาแนโรส (อังกฤษ: Tacoma Narrows Bridge) เป็นคู่สะพานแขวนแผลดในรัฐวอชิงตัน สหรัฐอเมริกา ซึ่งพาทองหลวงรัฐหมายเลข 16 ข้ามช่องแคบทาโคมาแนโรส ในประวัติศาสตร์ชื่อ "สะพานทาโคมาแนโรส" เคยใช้กับสะพานเดิมที่มีชื่อเล่นว่า "เกอร์ตีห้อยตะปิง" (Galloping Gertie) ซึ่งเปิดในเดือนกรกฎาคม ค.ศ. 1940 เนื่องจากคนงานก่อสร้างสังเกตการเคลื่อนไหวของตัวสะพานระหว่างช่วงที่มีลมแรง สะพานดังกล่าวถล่มลงในตอนเช้าของวันที่ 7 พฤศจิกายน ค.ศ. 1940 ภายใต้อสภาพลมแรง



จากวิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี

จากปัญหาดังกล่าวนักเรียนและเพื่อน ๆ ในกลุ่ม จะต้องทำการหาสาเหตุที่ทำให้สะพานขาดเพื่อไม่ให้เหตุการณ์นี้เกิดขึ้นอีกเพราะถ้าเกิดอีกอาจได้รับความเสียหาย โดยสร้างแบบจำลองขึ้นมาและทำการศึกษา และใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน

ถ้าสมมติให้นักเรียนทำการแก้ปัญหาไม่ให้เกิดเหตุการณ์นี้เกิดขึ้น นักเรียนกับสมาชิกกลุ่มอีก 4 คน และแต่ละคนมีความสามารถหรือความถนัดที่แตกต่างกันดังนี้

สมาชิกคนที่ 1 (เอ็ม) มีความสามารถด้านคณิตศาสตร์ มีทักษะในการคำนวณ

สมาชิกคนที่ 2 (ที) มีความสามารถด้านเทคโนโลยี ชอบซ่อมอุปกรณ์

สมาชิกคนที่ 3 (พี) มีความสามารถด้านฟิสิกส์ เป็นคนมีเหตุผล ละเอียดรอบคอบ และช่างสังเกต

สมาชิกคนที่ 4 (เอ) มีความสามารถการวาดรูป

1. ในการทำงานเพื่อแก้ปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนด นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด 2 ตัวเลือก ที่ทำให้งานสำเร็จตรงตามเป้าหมายที่วางไว้ จงวงกลมรอบข้อที่นักเรียนเลือก 2 ตัวเลือก อธิบายและให้เหตุผล

1) ผู้นำที่ดี

2) ระดับสติปัญญาของสมาชิกในกลุ่ม

3) ความสามารถในแต่ละด้านที่มีประโยชน์ของสมาชิกกลุ่ม ต่อการดำเนินการแก้ปัญหา

4) ความสัมพันธ์ของสมาชิกในกลุ่ม

.....

.....

.....

2. ถ้าในระหว่างการดำเนินการเพื่อระบุประเด็นปัญหาสะพานขาด พบว่าสมาชิกในกลุ่มตอนนี้มีความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาสะพานขาดและสิ่งที่จะต้องดำเนินการแก้ปัญหาโดยการทำให้สะพานไม่เกิดการสั่นพ้อง ที่ไม่ตรงกัน ในฐานะที่นักเรียนเป็นสมาชิกกลุ่มนักเรียนจะจัดการกับปัญหานี้อย่างไร

.....

.....

.....

3. ในระหว่างที่กลุ่มของนักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาอยู่นั้น พบว่าการดำเนินการมีความล่าช้ามีเวลาเหลือเพียงครึ่งชั่วโมงในการทำการทดลองแบบจำลอง แต่พบว่ายังมีงานมากมายที่นักเรียนยังทำค้างไว้ ในฐานะที่นักเรียนเป็นหัวหน้ากลุ่มนักเรียนจะทำอย่างไร ถึงจะแก้ปัญหาดังกล่าวได้ (เน้นปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่มเท่านั้น)

.....

.....

4. ระหว่างการทำแบบจำลองสะพานแขวน เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้สะพานขาด

ที: จากที่เราค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสั่นของสะพานแขวน พบว่ามีการสั่นแบบ 2 ลักษณะ คือ 1. การสั่นพ้องด้วยแรง หมายถึง การสั่นพ้องที่เกิดขึ้นโดยการออกแรงกระทำกับวัตถุเป็นจังหวะที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุเป็นเวลานาน เมื่อลมพัดที่ความเร็วคงตัวค่าหนึ่งเป็นเวลานาน ซึ่งแรงลมพอดีกับความถี่ธรรมชาติจะทำให้เกิดการสั่นพ้อง แอมพลิจูดของการสั่นที่มากขึ้นทำให้วัตถุนั้นเสียหาย 2. การสั่นพ้องด้วยคลื่น หมายถึง การสั่นพ้องที่เกิดขึ้นโดยการส่งคลื่นที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุกระทบกับวัตถุเป็นเวลานาน เพื่อนๆ คิดว่า เราควรจะทำทดลองอย่างไรดี

เอ็ม: นั่นนะสิ แต่เราคิดว่าน่าจะทำได้ทั้งสองแบบนี้

เอ: เราก็เห็นด้วยกับเธอนะ แต่เราว่าน่าจะเตรียมทดลองแบบการสั่นพ้องด้วยแรงดีกว่า

เอ็ม: เราเห็นด้วยกับเธอนะ

ที: อย่างนั้นก็ได้ เราเตรียมทดลองแบบการสั่นพ้องด้วยแรงดีกว่า

ที: แต่เราว่าเตรียมตัวอย่างแบบการสั่นพ้องด้วยคลื่นจะเหมาะกว่านะ เชื้อฉันทะจะจะได้ไม่เสียเวลาด้วย

นักเรียน :

คำตอบข้อใดของนักเรียนที่เหมาะสมที่สุด

- 1) เราว่ารีบทำดีกว่านะ เอาตามที่ทุกคนส่วนใหญ่ตกลงกันได้แล้วกัน
- 2) เหมือนว่าเพื่อนๆ ส่วนใหญ่จะเห็นด้วยกับวิธีการของเธอ ดังนั้นเขาเป็นว่าทุกคนกลับไปทำงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายไว้ตอนแรกละกันจะได้ไม่เป็นการเสียเวลา
- 3) เราว่าให้ที ลองอธิบายก่อนไหมว่าทำไมถึงคิดว่าการเตรียมทดลองแบบการสั่นพ้องด้วยคลื่น จะเหมาะสมกว่า เพราะว่าถ้าที่พูดถูกยังไง เราจะได้รีบกลับไปทำหน้าที่ของเราของมันแล้วก็ไม่เป็นการเสียเวลาด้วย
- 4) เราว่าที่ทีมั่นใจอย่างนั้นก็อาจจะมีโอกาสก็ได้นะ เพราะอย่างนั้นแล้วถ้าเธอคิดว่าวิธีการของเธอเหมาะสมกว่า เราว่าเธอก็ลองทำตามวิธีการของเธอไปพร้อมๆ กันด้วยก็ได้ว่าจะได้เอาผลมาเปรียบเทียบกันด้วยใจ ว่าวิธีการของใครให้ผลที่ดีกว่า ตกลงไหม

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	นัตยา หัสมิตร
วัน เดือน ปี เกิด	9 มิถุนายน 2536
ที่อยู่ปัจจุบัน	118/1 หมู่ 3 ตำบลคลองคะเชนทร์ อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 66000
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม 31 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 66000
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู คศ.1
ประวัติการศึกษา	กศ.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยนเรศวร
	พ.ศ. 2559

ตาราง 2 (ต่อ)

สมรรถนะ	ระดับ		
	ต่ำ	กลาง	สูง
(3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (ต่อ)	<p>ไม่เข้าใจบทบาทและหน้าที่ของสมาชิกคนอื่น ๆ ในทีม</p> <p>•นักเรียนดำเนินการอย่างไม่เหมาะสมสำหรับการมอบหมายหน้าที่และงานแก่เพื่อนร่วมกลุ่ม</p> <p>•นักเรียนพยายามที่จะดำเนินการในการมอบหมายงานที่แตกต่างกันแก่สมาชิกกลุ่มทุกคนโดยไม่คำนึงถึงความสามารถของแต่ละคน</p> <p>•นักเรียนพยายามที่จะแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง เมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับความช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม</p>	<p>กลุ่มได้มอบหมาย</p> <p>•การกระทำและการสื่อสารของนักเรียนสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มที่จะพยายามแก้ปัญหา</p> <p>•นักเรียนดำเนินงานที่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของหน้าที่ของตัวเอง</p> <p>•นักเรียนมีการโต้ตอบอย่างเหมาะสมเมื่อถูกถามเกี่ยวกับการกำหนดและมอบหมายหน้าที่บทบาทของนักเรียน</p> <p>•นักเรียนรับทราบหรือยืนยันเมื่อได้รับข้อมูลการได้รับคำอธิบายหรือสิ่งอื่นที่แสดงให้เห็นเกี่ยวกับอุปสรรคที่เกิดขึ้นในกระบวนการแก้ปัญหาหรืออธิบายหรือมีจะนั้นเป็นการแสดงออกถึงการเกิดอุปสรรค</p>	<p>หน้าที่ของกลุ่มที่แตกต่างกัน ที่จะต้องมีการดำเนินการเพื่อการแก้ปัญหา</p> <p>•นักเรียนยอมรับ รับผิดชอบ กำหนด หรือยืนยันบทบาทหน้าที่ที่ดำเนินการโดยสมาชิกในกลุ่ม</p> <p>•นักเรียนเป็นผู้เริ่มการกระทำสิ่งที่เป็นภาระงาน เสนอ อธิบาย หรือเปลี่ยนแปลงบทบาทของนักเรียนและสมาชิกในกลุ่มเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัญหาที่ต้องการแก้หรือเมื่อสมาชิกกลุ่มไม่ได้ปฏิบัติงานตามที่ตั้งใจไว้</p> <p>•นักเรียนมีส่วนร่วมในการแจ้งให้สมาชิกในกลุ่มทำงานที่ได้รับมอบหมายให้เสร็จสำหรับหน้าที่ของแต่ละคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลาและสถานการณ์ที่เหมาะสม</p>

ที่มา : (OECD, 2013, p.29)

สำหรับข้อสอบที่วัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือใน PISA 2015 ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 3 สมรรถนะย่อยคือ การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม จะมีการแบ่งน้ำหนักใน